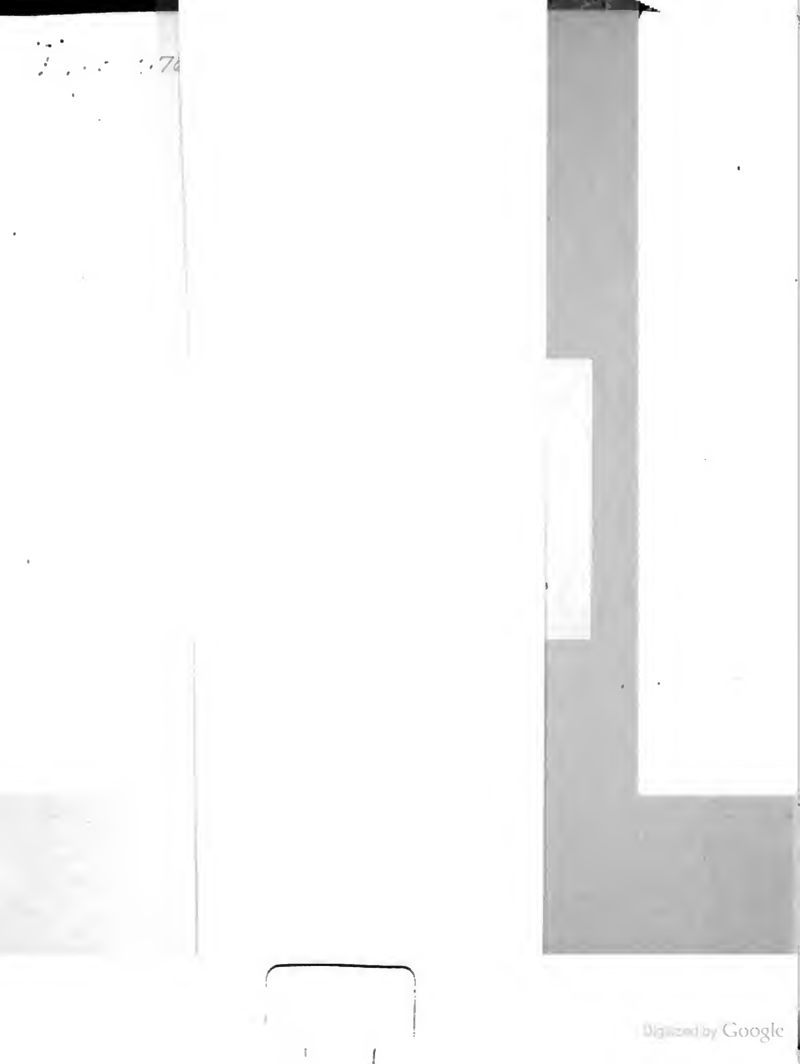
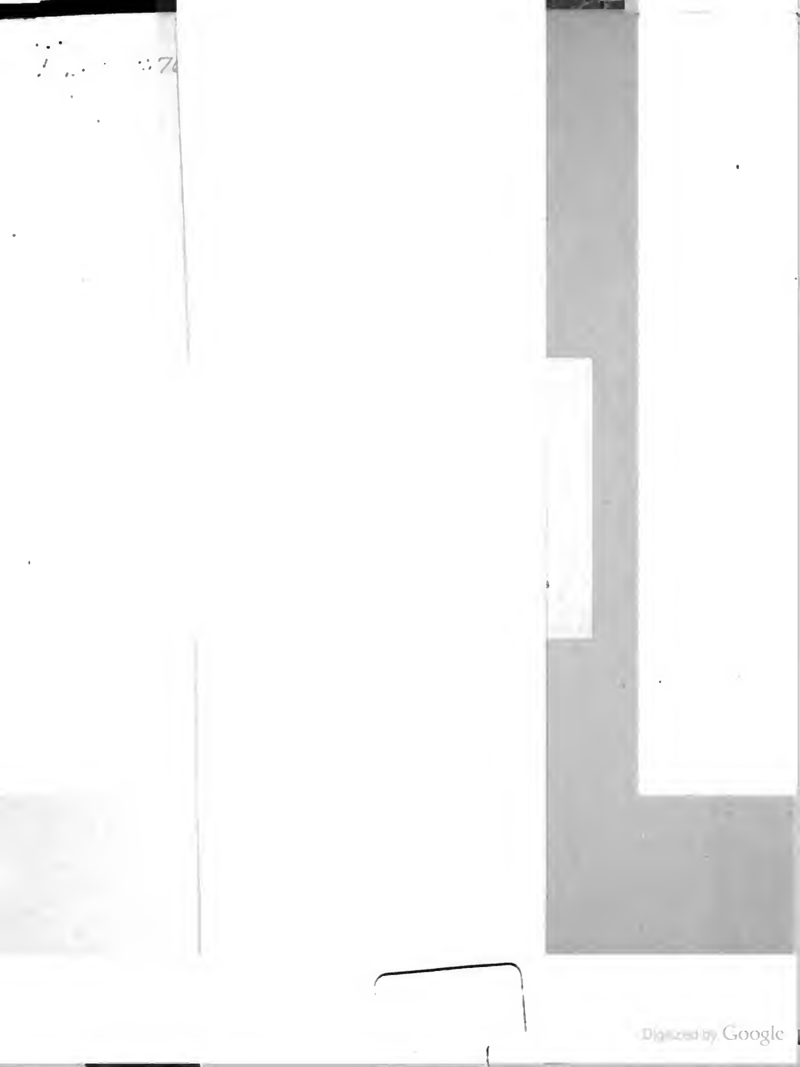






PUISSANCES DE L'EUROPE

FRANCE.

Branche d'Orléans.

LOUIS PHILIPPE Ier, né à Paris 6 oct. 1773, succède le 31 juillet 1830 à Charles X, déchu du trône de France, le 30, comme lieutenant-général du royaume; élu roi des Français, le 9 août de la même année; marié 25 novembre 1809, à

MARIE AMÉLIE, des Deux Siciles, née 26 avril 1782, reine des Français. De ce mariage:

FERDINAND-PHILIPPE-LOUIS D'ORLÉANS, duc d'Orléans, pr. royal, maréchal de camp, né à Palerme 3 septembre 1810.

LOUIS-CHARLES-PHILIPPE D'ORLÉANS, duc de Nemours, né à Paris, 25 octobre 1814, maréchal de camp.

FRANÇOIS FERDINAND D'ORLÉANS, prince de Joinville, lieutenant de vaisseau, né à Neuilly, le 14 août 1818.

HENRI-EUGÈNE-PHILIPPE-LOUIS D'ORLÉANS, duc d'Aumale, né à Paris, le 16 janvier 1822.

ANTOINE-PHILIPPE-LOUIS D'OR-

OBSERVATIONS SUR LES PAYS DE CONGO ET DE LOANGO.

Les habitans de cette partie de l'Afrique regardent le soleil comme le principal moteur des effets de la nature, sans l'influence duquel l'obscurité et la désolation couvriraient la surface de la terre. Les idoles de toute espèce sont appelées *fétiches*. Il y en a une infinité, de toutes sortes de formes et de matières. Les plus communs sont le lait, les œufs et les oiseaux. Parmi ces derniers, les perdrix sont regardées comme tellement sacrées, que, lorsque le pied d'un de ces oiseaux morts a touché un mets, personne ne voudra goûter de ce dernier, dût-on mourir de faim. Leurs fétiches portatifs consistent en imitations grossières de la forme humaine ou de celles d'animaux, avec un morceau de miroir fixé dans la poitrine; en dents d'un jeune éléphant, remplies d'une pâte noire, dans laquelle sont placées des coquilles; en dents et serres de tigres; en petites cornes de chèvres et autres animaux; en coquilles de mer remplies de pâte noire; en petits sacs d'ingrédiens précieux, et en petits flacons contenant de la poudre à canon consacrée. Personne ne boit un coup sans faire une oblation au principal fétiche, qui est ordinairement une dent d'éléphant. Ils la prennent dans la main gauche, et

les matins sur les hauts arbres qui bordent le Congo, dans le voisinage de Maccatala, à l'effet de boire. Il est plaisant alors de voir avec quelle célérité ils font leur retraite, en faisant résonner les bois de leurs attaques. C'est ordinairement sur les plus hauts arbres qu'ils construisent leurs nids, qui ressemblent à ceux des pies, mais qui sont beaucoup plus grands, et faits d'herbe sèche. L'entrée de ces nids est un grand trou; la partie supérieure est couverte d'herbe à une hauteur considérable, pour le garantir de la pluie.

L'espèce la plus curieuse des singes est le *poongo*. Lorsqu'il se tient debout, il a six pieds, et l'on dit qu'il a la force de dix hommes. Dans ce cas, s'il était également féroce, il pourrait régner en souverain dans les bois. Au fait, il est, d'après le dire des habitans, le premier des animaux de la forêt. Il chasse l'éléphant devant lui avec ses griffes, et souvent suit les femmes, lorsqu'il les rencontre à quelque distance de leur habitation. Le *chimpanzee* est connu en Europe sous le nom d'orang-outang ou d'homme des bois. Il diffère beaucoup du poongo en grandeur, en force et en sagacité. Il est plus gentil et se laisse facilement prendre et apprivoiser. Un témoin oculaire nous a assuré qu'il couchait en plein air sur le pont du vaisseau; que souvent il enveloppait sa tête d'un mou-

ARCHEVÊQUES ET ÉVÊQUES

Villes Episcopales.	Noms des Archev. et Evêq.	Nés l'an	Sacr. l'an.
PARIS....	DE QUELEN....	1778	1817
Chartres....	Cl. de Montals..	1769	1824
Meaux......	Gallard......	1785	1830
Orléans.....	Brumauld......	1749	1823
Blois........	De Sauzin......	1756	1823
Versailles..	Blanq. de Bailleul	1765	1833
Arras.......	Latour d'Auvergne	1768	1802
Cambray....	Belmas.......	1757	1802
LYON....	DE PINS, adm.	1766	1822
Autun.....	d'Héricourt....	1797	1829
Langres....	Sablier Parisis.	1764	1835
Dijon......	Rey.......	1773	1832
St-Claude...	De Chamon....	1767	1823
Grenoble....	Philib. Bruyère	1761	1826
ROUEN..	DE CROY.....	1773	1820
Bayeux....	Robin.......		1836
Evreux.....	Duchatellier...	1761	1828
Sées.......	Jolly........		1836
Coutances..	Robiou.....		1835
SENS.....	DE COSNAC..	1764	1819
Troyes.....	Seguin des Hons...	1760	1826
Nevers.....	Naude......	1794	1824
Moulins.....	De Pons.......	1759	1823
REIMS.....	DE LATIL....	1761	1816
Soissons....	De Simony......	1770	1825
Châlons....	De Prilly......	1775	1824
Beauvais....	Lemercier.....	1758	1831
Amiens....	De Chabons....	1756	1822

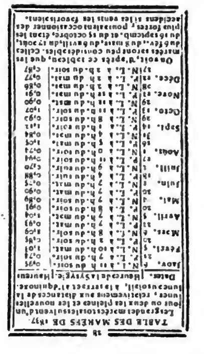


TABLE DES MARÉES DE 1837.

Les grandes marées totales suivent d'un jour ou deux les pleines et les nouvelles lunes, relativement aux distances de la lune au soleil, à la terre et à l'équinoxe.

Dates.		Heures de la Syzygie.	Hauteur
Janv.	6	N. L. à 11 h. du soir.	0,95
	21	P. L. à 7 h. du soir.	0,74
Févri.	5	N. L. à 10 h. du mat.	1,01
	20	P. L. à 2 h. du soir.	0,85
Mars.	6	N. L. à 8 h. du soir.	1,09
	22	P. L. à 7 h. du mat.	0,93
Avril.	5	N. L. à 7 h. du mat.	1,04
	20	P. L. à 8 h. du soir.	0,91
Mai.	4	N. L. à 7 h. du soir.	0,89
	20	P. L. à 7 h. du mat.	0,90
Juin.	3	N. L. à 7 h. du mat.	0,75
	18	P. L. à 4 h. du soir.	0,88
Juill.	2	N. L. à 9 h. du soir.	0,70
	17	P. L. à 11 h. du soir.	0,94
Août.	1	N. L. à 0 h. du soir.	0,74
	16	P. L. à 5 h. du mat.	1,05
	31	N. L. à 4 h. du mat.	0,84
Sept.	14	P. L. à 1 h. du soir.	1,12
	29	N. L. à 8 h. du soir.	0,92
Octo.	13	P. L. à 11 h. du soir.	1,07
	29	N. L. à 12 h. du mat.	0,90
Nove.	12	P. L. à 10 h. du mat.	0,91
	28	N. L. à 2 h. du mat.	0,86
Déce.	12	P. L. à 2 h. du mat.	0,77
	27	N. L. à 2 h. du soir.	0,87

On voit, d'après ce tableau, que les marées seront peu considérables. Celles du 6 fév., du 8 mars, du 6 avril, du 17 août, du 16 septemb. et du 15 octobre, étant les plus fortes, pourraient occasionner des accidens si les vents les favorisaient.

DIVISION du territoire français en départemens, les chefs-lieux où résident les Préfets, leurs noms, et le nombre d'arrondissemens de chaque département.

Départemens.	Chefs-lieux.	NOMS des Préfets.
Ain......	Bourg.....	5 Jayr.
Aisne......	Laon......	7 Renauldon
Allier.....	Moulins...	4 Gassier.
Alpes (b.)	Digne.....	5 Meunier.
Alpes (h.)	Gap.......	3 Mourgues.
Ardèche...	Privas	3 R. Dugage.
Ardennes..	Mezières..	5 Henry.
Arriége...	Foix......	3 Maurice.
Aube.....	Troyes....	5 C. Sysyes.
Aude.....	Carcassone.	4 Lgoua.
Aveyron...	Rhodès....	5 Marquier.
B.-du-Rhô.	Marseille..	3 de Lacoste.
Calvados...	Caen......	6 Target.
Cantal....	Aurillac...	4 Delamarre.
Charente...	Angoulême	5 Larréguy.
Char.-Infér.	la Rochelle.	6 Ern. de Pelet
Cher.....	Bourges...	3 de Lapparent
Corrèse...	Tulles.....	3 Thomas.
Corse.....	Ajaccio...	5 Jourdan.
Côte-d'Or.	Dijon.....	4 Ach. Chaper
C. du Nord.	St.-Brieux.	5 Thieullen.
Creuse....	Guérat....	4 A. Deschamp
Dordogne..	Périgueux..	5 Romieu.
Doubs....	Besançon..	4 Tourangin.
Drôme....	Valence...	4 Saladin.
Eure.....	Evreux....	5 A. Passy.
Eure et Loir	Chartres..	4 du S.-Aignan
Finistère..	Quimper..	5 Boullé.
Gard.....	Nismes....	4 de Jessaint.

PRÉFECTURE OU DÉPARTEMENT DE LA SEINE,

Place de l'Hôtel-de-ville.

M. le cte DE RAMBUTEAU, pair de France, préfet.
M. L. de Jussieu, secrétaire-général
M. F. Lesoy, secrétaire particulier de M. le préfet.

Conseil de Préfecture,

MM. De la Morélie, Fain, Lafon de Ladébat, Maupas, Lucas-Montigny
M. Varcollier, secrétaire du conseil

Sous-Préfets du département de la Seine.

M. Lucien Méchin, à Saint-Denis.
M. E. Maison, à Sceaux.

PRÉFECTURE DE POLICE OU DÉPARTEMENT DE LA SEINE,

Quai des Orfèvres.

M. G. DELESSERT, conseiller d'état, préfet de Police, hôtel de la Préfecture.
M. Malleval, secr.-général.
M. Pinel, secrét. part. de M. le préfet.
M. Nabon Devaux, chef du bureau du cabinet.

NOMS DES MAIRES ET DES CURÉS

Des arrondissemens et des subdivisions de la Commune de Paris.

Premier arrondissement,

Composé des quartiers des Tuileries, des Champs-Elysées, de la Place-Vendôme et du Roule; Chef-lieu, rue d'Anjou St.-Honoré, n. 9.
M. LEFORT, maire, rue Duphot, 19.
Bengelin, curé à la Madeleine.

NOVEMBRE. ☽ entre au ♐

Le 15 à midi vrai, une montre bien réglée marq. 11 h. 44 m. 47 s. le 30, 11 h. 48 m. 55 s.

Jours	Lever de la L. h.	m.	Couc. de la L. h.	m.	Lev. du S. h.	m.	Cou. du S. h.	m.	Long. du S. s.	m.	Décl. du S. d.	m.
1	10	31	6	0	6	48	4	34	8	53	14	18
2	11	41	6	50	6	49	4	33	9	53	14	37
3	0	32	8	1	6	51	4	31	10	53	15	6
4	1	28	9	21	6	53	4	29	11	53	15	25
5	1	59	10	45	6	54	4	14	12	53	15	41
6	2	21			6	56	4	12	13	53	16	0
7	2	42	0	10	6	57	4	10	14	54	16	18
8	2	58	1	31	6	59	4	28	15	54	16	37
9	3	14	2	57	7	0	4	27	16	54	16	54
10	3	30	4	19	7	2	4	25	17	55	17	11
11	3	47	5	41	7	3	4	23	18	55	17	28
12	4	10	7	3	7	5	4	22	19	56	17	41
13	4	40	8	24	7	7	4	21	20	56	18	0
14	5	18	9	40	7	9	4	20	21	57	18	16
15	6	7	10	46	7	10	4	19	22	57	18	31
16	7	8	11	40	7	11	4	18	23	58	18	46
17	8	15	0	19	7	13	4	16	24	58	19	1
18	9	23	0	48	7	14	4	15	25	59	19	16
19	10	31	1	12	7	16	4	14	26	59	19	30
20	11	42	1	29	7	18	4	13	27	0	19	44
21			1	44	7	19	4	12	28	1	19	57
22	0	50	1	57	7	21	4	11	0	1	20	10
23	1	58	2	12	7	22	4	10	1	2	20	23
24	3	7	2	23	7	24	4	9	2	3	20	35
25	4	20	2	33	7	25	4	8	3	3	20	47
26	5	36	2	58	7	26	4	7	4	4	20	59
27	6	55	3	22	7	25	4	7	5	5	21	10
28	8	15	3	55	7	29	4	6	6	6	21	20
29	9	30	4	44	7	30	4	5	7	7	21	31
30	10	37	5	45	7	32	4	5	8	8	21	41

4

TRAITÉ

SUR

LA CONSTRUCTION DES VAISSEAUX.

TRAITÉ
SUR
LA CONSTRUCTION DES VAISSEAUX,

DÉDIÉ ET PRÉSENTÉ AU ROI,

PAR M. le Comte DU MAITZ DE GOIMPY, *Capitaine des Vaisseaux de Sa Majesté, Chevalier de l'Ordre Royal & Militaire de Saint Louis, de l'Académie Royale de Marine.*

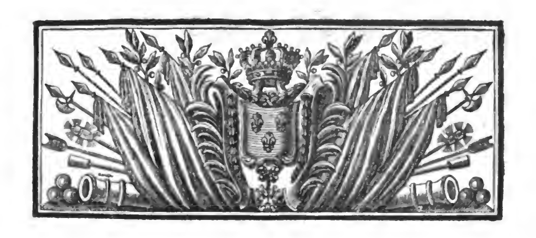


A PARIS,

Chez { D. C. COUTURIER, pere, Imprimeur-Libraire; aux Galeries du Louvre.
COUTURIER, fils, Libraire, Quai des Augustins. }

M. DCC. LXXVI.

AVEC APPROBATION ET PRIVILÈGE DU ROI.



AU ROI,

SIRE,

Le Corps des Officiers de Votre Marine se rappellera toujours avec de nouveaux mouvemens de

zele ; que VOTRE MAJESTÉ, dès ses plus tendres années, s'est occupée des différentes parties de leur Art. Ces Calculs, auxquels Elle se livroit, étoient un présage assuré de l'application constante qu'Elle devoit donner un jour à tout ce qui peut faire la gloire & le bonheur de ses Peuples. En m'occupant d'un Ouvrage sur la Construction des Vaisseaux, dont l'importance a déja fixé l'attention de VOTRE MAJESTÉ, j'ai tâché de réunir

ce qui pouvoit contribuer à la gloire de ses Armes & à l'économie, animé par l'espérance qu'Elle voudroit bien me permettre de le lui offrir.

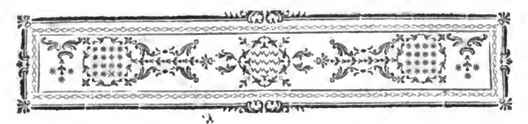
Je suis avec le plus profond respect,

DE VOTRE MAJESTÉ,

SIRE,

Le très-humble, très-soumis Serviteur & très-fidele Sujet,

DU MAITZ DE GOIMPY.



PRÉFACE.

JE m'étois d'abord proposé de faire une nouvelle Édition du Traité du Navire de M. Bouguer, accompagnée de Notes : cet Ouvrage étant absolument nécessaire aux personnes qui veulent prendre des connoissances plus approfondies de la théorie de la Construction. La nécessité de corriger quelques erreurs ; diverses questions qui se sont élevées depuis, m'ont déterminé à suivre un autre plan : j'ai cru devoir en rendre la forme plus simple, retrancher les questions dont la pratique ne peut retirer d'utilité, & remplacer ces retranchemens par les diverses considérations qu'on avoit négligées jusqu'ici ; j'ai fait dans ce Traité un fort grand usage de ceux de M. Euler, intitulés : *Scientia Navalis*, & *Théorie complette de la Construction & Manœuvre des Vaisseaux*. De nouveaux Principes que j'ai cherché à développer, lesquels sont fondés sur des expériences journalieres & indubitables, pourront contribuer à la perfection de la Théorie des Fluides, & ne laisseront plus rien à desirer sur

la Théorie réelle de la Conſtruction & principalement celle de la mâture. Les ordres de M. le Duc de Choiſeul, alors Miniſtre de la Marine, m'avoient obligé de me livrer à cette étude particuliere : M. de Sartine a approuvé que je remiſſe en ordre les différens matériaux de cet Ouvrage. Je dois joindre ici que ce n'eſt qu'après des réflexions très-longues que je me ſuis déterminé à demander la permiſſion de le publier. La Navigation & la Science de la Conſtruction pouvant être envisagés du côté des Connoiſſances phyſiques & du côté politique.

Quand on les conſidere ſous ce premier point de vue, il eſt certain que tous les principes ne peuvent être trop communiqués ; il en réſulte une diſcuſſion qui les étend encore davantage & qui en montre le degré de certitude & les limites ; mais vues du côté politique, c'eſt-à-dire, de l'intérêt des Nations, il eſt poſſible qu'on doive les reſtreindre.

La Nation qui pourroit ſe conſerver privativement la plus grande perfection dans les diverſes parties de la Marine, auroit un avantage & une prépondérance réelle ; mais dans l'impoſſibilité très-évidente de ſe réſerver des connoiſſances excluſives, au moins doit-on faire attention, dans la ſituation préſente, aux ſuites qui peuvent réſulter de leur plus grande étendue relativement aux genres de commerce des divers états,

en regardant comme un désavantage & une perte tout ce qui nous bénéficie moins que les Nations rivales & voisines.

La Nation qui fait le commerce le plus riche à proportion de son étendue, a le plus grand intérêt à perfectionner la théorie de la Construction, & le moindre intérêt à inventer les moyens d'économie. Il lui est avantageux sans doute de ne pas négliger ceux que les autres employent, puisque ce seroit une perte sans compensation ; mais si elle inventoit les moyens de rendre, pour ainsi dire, les Vaisseaux éternels, comme par la nature des choses, cette connoissance deviendroit bientôt générale, elle favoriseroit plus les Nations qui font un commerce considérable en étendue, qu'elle ne se favoriseroit elle-même.

Si une puissance qui fait un commerce à proportion plus étendu que riche, étoit obligée d'avoir le double des Vaisseaux de guerre pour s'opposer aux entreprises des Nations voisines, de ce que chacune d'elles est obligée d'avoir ; il est encore certain que ce seroit à cette Puissance que la durée des Vaisseaux de guerre importeroit le plus, & ce ne seroit pas aux Nations qui font un commerce riche, mais peu étendu, qui pour se trouver en égalité de forces, ont besoin d'un moindre nombre de Vaisseaux, à s'embarrasser de chercher de nouveaux moyens d'en prolonger la du-

rée : il leur ſuffiroit de ne pas négliger les moyens d'économie employés par cette premiere Puiſſance.

Ces réflexions m'ont engagé à paſſer ſous ſilence quelques articles relatifs à la Conſtruction ; en ſuivant les mêmes principes, j'ai cru qu'il ſeroit utile de comparer quelques moyens d'économie employés chez les Nations voiſines.

Il ſuit de ces conſidérations, que c'eſt l'Eſpagne à qui la perfection de la Conſtruction importe le plus, & à qui la durée des Navires doit être la plus indifférente. L'union intime & eſſentielle des deux Couronnes, ne permettoit pas de regarder cette obſervation comme un obſtacle à la publication de ce Traité.

Il ſeroit ſans doute intéreſſant de ſuivre le progrés de l'Architecture navale, depuis les temps les plus reculés ; mais quand on veut parler avec certitude de la forme des Navires, on ne peut remonter au delà d'un ſiecle. On peut ſe former une idée de la force de ceux de guerre, il y a 200 ans, en examinant la liſte de la flotte armée en Eſpagne ſous Philippe II, & nommée l'*Invincible*. On voit qu'alors les Navires n'excédoient pas 50 canons. En 1610, on conſtruiſit en Angleterre un fort beau Vaiſſeau nommé le *Prince* ; ſa largeur étoit 44 pieds Anglois meſurés en dehors, ou environ 39 pieds François : c'étoit le plus grand & le meilleur Vaiſſeau qui eût été conſtruit. Le Pere Fournier

nier cite un Navire de 72 canons, nommé *la Couronne*, conſtruit en France, comme le plus grand & le plus beau Navire de ce temps : il avoit 44 pieds de large.

Mais, c'eſt principalement à la célebre rivalité entre l'Angleterre & les Provinces-Unies, que la Marine a dû les plus grands progrès : alors on vit des Flottes nombreuſes, & ce fut un nouveau genre de perfection que la hardieſſe avec laquelle on chargea d'artillerie des Navires de foibles dimenſions : lorſque Louis XIV voulut enſuite partager l'empire des mers, de nouveaux chefs-d'œuvres s'éleverent, & bientôt la conſtruction Françoiſe ſe diſtingua par la perfection des formes de la carene : on oſa faire le *Royal-Louis*, pour porter des canons de 48, 24 & 12 dans les trois batteries, & ce Navire conſtruit à Toulon, par *Coulomb*, fut célebre pour ſa ſtabilité. A Breſt, *Blaiſe Pangolo* déploya ſon génie en faiſant des Navires ſupérieurs, pour la marche, à ceux de leur temps ; les Mémoires de M. du *Guaytrouin* font connoître le *Lys*, ce Vaiſſeau qu'il a commandé dans un ſi grand nombre d'actions glorieuſes : on connoît auſſi l'*Amazone*, le *Jaſon*, &c. ces Navires ſeroient même à préſent de très-bons voiliers

Enfin, ſous le regne de Louis XV, le célebre *Olivier* parut.

C'eſt à ce dernier Conſtructeur que l'on doit le changement des formes de la carene & de la diſtribution des batteries des Frégates ; changement adopté en Angleterre, il a perfectionné tous les genres de conſtructions, & l'on peut dire à ſon honneur, que l'on trouve des vues ſaines juſques dans ſes erreurs, ſur-tout ſi on ne conſidere que les fonds.

Ces Hommes célébres, en prévenant la théorie par ce ſens droit & ce coup d'œil juſte qui ſont la baſe du vrai génie, ont aſſuré à la France la gloire d'avoir fait les découvertes les plus importantes.

Dans ces temps, il ſemble qu'on regardoit comme une choſe indiſpenſable de donner aux Navires toute la force dont ils étoient ſuſceptibles, eu égard à leurs dimenſions. L'incertitude où l'on étoit de réuſſir pour la marche, empêchoit d'abandonner un avantage certain, pour procurer une qualité qu'on n'étoit pas sûr d'obtenir ; ce qui eſt d'autant moins ſurprenant, que même à préſent, les Bâtimens conſtruits ſur le même plan n'ont pas toujours les mêmes qualités.

Si jamais on a eu lieu d'eſpérer la plus grande perfection dans l'Architecture Navale, c'eſt depuis que les Ingénieurs-Conſtructeurs réuniſſent à la pratique les connoiſſances les plus profondes. Inſtruit dans cet Art, par l'un d'eux (M. des Lauriers), je me

fais un devoir de rendre justice à un Corps aussi éclairé.

Mais peut-être ces mêmes connoissances ont-elles fait négliger, dans ces derniers temps, l'économie & la force qui faisoient l'objet principal des anciens Constructeurs; ceux d'à présent, maîtres de donner aux Vaisseaux, les différentes qualités, ont préféré d'assurer principalement leur stabilité ou leurs forces pour porter la voile; ils ont en même temps cherché à donner une marche avantageuse. Cette double vue se remplissoit en allongeant les Navires, & en diminuant leur artillerie, ou ce qui est la même chose, en augmentant les proportions principales. Dès-lors, on a donné aux Vaisseaux de 64 canons, la même longueur qu'au *Royal-George*, Vaisseau du premier rang Anglois; des Frégates de 26 canons ont eu plus de longueur que les Vaisseaux de 60 canons Anglois. Peut-être la supériorité du nombre de Vaisseaux de la Marine Angloise, a-t-elle fait penser que tout devoit être subordonné à la promptitude du sillage.

Mais il arrive souvent que ces Navires très-longs, n'ont pas la supériorité de marche à laquelle tout a été sacrifié. Une Théorie plus approfondie fera reconnoître que même relativement à cette qualité, la longueur de la carene doit avoir des limites, parce qu'elle a un rapport avec la hauteur de la voilure, qui nécef-

ſairement eſt bornée, & parce que les obſtacles incalculables, tels que les inégalités, les coquillages, herbes qui s'attachent aux anciennes carenes, ſont en raiſon des ſurfaces : pour en donner quelque exemple, la *Chimere*, les Frégates conſtruites par M. *Guignace*, &c, ou le rapport des longueurs aux largeurs eſt renfermé dans les ancienes limites, marchent auſſi bien que celles qui ſont plus longues.

Dès-lors, il eſt abſolument déſavantageux d'affoiblir autant les Navires qu'on le fait maintenant par une longueur exceſſive qui faiſant qu'on gouverne mal, c'eſt-à-dire, dans un grand eſpace, rend les Navires peu propres à la guerre.

Nous ne craindrons pas ici de jetter un coup d'œil ſur les déſavantages que nous avons eu dans la derniere guerre, & d'en rechercher les cauſes ; ne pas ſe livrer à ces méditations, quelques fâcheuſes qu'elles puiſſent être, ce ſeroit ne pas remplir les intentions du Miniſtre qui m'a recommandé de ne négliger aucune conſidération dont il puiſſe réſulter quelqu'utilité, ce ſeroit s'expoſer à voir continuer ou peut-être même accroître ces mêmes déſavantages. Nous allons ici les parcourir.

1°. Il ſemble qu'on ait oublié que la qualité de bien gouverner, eſt la plus eſſentielle dans les combats, car on a fait tout ce qu'il falloit pour aſſurer aux An-

glois cet avantage ; les ſurfaces de nos gouvernails, ſont moindres de moitié que celles de leurs Navires : ainſi pendant que d'un côté la difficulté de tourner eſt augmentée, par la longueur d'un autre, on emploie, pour la vaincre, une moindre force.

Cependant les Rhéteurs qui ne voient dans tous les objets qu'une matiere aux déclamations, qui penſent qu'on peut parler de choſes qu'on n'entend pas, pourvu que les raiſons ſoient remplacées par des injures qu'ils croyent être une chaleur de ſtyle, trouveront étrange qu'on n'aborde plus. Ce ſera, ſelon eux, au moins ignorance dans les Officiers de la Marine : on peut cependant regarder comme une maxime inconteſtable, que le Navire François qui eſt au vent, ne peut, dans l'état actuel de la conſtruction, aborder un Navire Anglois qui eſt même fort près de lui, pour peu que ce dernier ait attention à ſa manœuvre ; il m'eſt peut-être permis de le dire, parce que j'ai eu lieu de le reconnoître en combattant le *Biddefort*.

2°. Ce genre de combat devient moins aiſé à faire réuſſir par l'augmentation des équipemens des Navires Anglois ; alors les Vaiſſeaux de 50 canons, par exemple, avoient 220, 240 hommes d'équipage, maintenant ils en ont 350 ; ils ſont à peu près armés comme les nôtres, & la diſtribution ordonnée par l'Amirauté d'Angleterre, paroît ſagement combinée.

3°. En lifant l'Hiftoire de M. du Guaytrouin, &c. on voit qu'il avoit une plus grande difficulté à vaincre les Navires Hollandois à l'abordage que les Anglois; *qu'importe*, comme dit le Roi de Pruffe au Général de Fouquet, *de voir* ou de lire, *fi ce n'eft que pour entaffer des faits dans fa mémoire; qu'importe, en un mot, l'expérience, fi elle n'eft dirigée par la réflexion.* Il y avoit donc une caufe particuliere qui occafionnoit cette différence; on la trouve, en combinant les Réglemens de l'Artillerie de ces deux Nations: alors les Anglois ne chargeoient leurs pieces que d'un feul boulet, dans la crainte de les faire crêver, ainfi leur feu étoit moindre de moitié, car on ne peut compter le temps néceffaire pour mettre un boulet de plus; la fupériorité actuelle de leur Artillerie, a fait corriger cette pratique. Qu'avons-nous à oppofer de ce côté, une artillerie plus défectueufe, & ce ne fera pas un foible fervice que rendra à l'Etat le Miniftre qui fonge à la rétablir.

J'ai cru devoir comparer, fans prévention, nos proportions avec celles des Vaiffeaux Anglois. Cette Nation ne s'eft pas fait une peine d'imiter ce qui fe trouvoit d'avantageux dans notre Conftruction; ainfi elle a adopté en général le retranchement des demi-batteries dans les Frégates; elle a fubftitué les Vaiffeaux percés 14 & 15 aux anciens Navires à trois ponts

de 80 canons, & l'on pourroit même dire que notre Conſtruction a été adoptée, ſi ce n'eſt que nous l'avons changée depuis une vingtaine d'années : nous devons pareillement imiter leur peu de rentrée dans les Frégates, ne pas excéder dans les longueurs, & ne pas ſacrifier inutilement & la force des Navires & la facilité de gouverner.

Quoique dans ce Traité, je ne ſuive pas toujours l'opinion de M. Bouguer, que mes principes ſoient quelquefois différens, on reconnoîtra aiſément que le Traité du Navire m'a fourni la plus grande partie de ceux que j'emploie. Je dois auſſi beaucoup aux Ouvrages de MM. Euler & l'Abbé Boſſut, ma ſituation m'ayant donné la facilité de comparer avec l'expérience les divers réſultats de la Théorie ordinaire : j'ai vu que la poſition de la mâture, ne dépend pas de la ſeule configuration de l'avant; la néceſſité de conſidérer la partie poſtérieure de la carene, a demandé un exemple plus particulier de la Théorie des fluides, & je ne me ſuis permis d'adopter de nouveaux principes qu'après avoir calculé les Navires de différentes formes, & dans diverſes ſituations, & en avoir vérifié les réſultats.

Il eſt fâcheux que les Conſtructeurs ſe ſoient diſpenſés de faire les calculs qu'on peut déduire des regles établies dans le Traité du Navire : à la vérité, les méthodes indiquées étoient fort longues, ſujettes à erreur

dans quelque cas ; & pas aſſez développées pour être aiſément miſes en pratique. J'ai cherché à remédier à ces inconvéniens, en donnant le modele de tous les calculs auxquels on peut aſſujettir les Navires. Si c'eſt une peine ſuperflue, quand on ſe contente de ſuivre les formes reçues ; au moins eſt-ce une choſe indiſpenſable, lorſqu'on veut les varier conſidérablement; c'eſt d'ailleurs le ſeul moyen d'apprécier les changemens faits à la théorie ordinaire.

J'ai repris avec de légers changemens le travail ſur la fixation des rangs des Vaiſſeaux faits en 1753, de concert avec M. de Morogues, Lieutenant-Général des Armées du Roi, & M. Gauthier, Conſtructeur, maintenant employé en Eſpagne avec un Brevet de Brigadier. Je n'ai négligé aucuns ſoins pour rendre ce travail exact.

L'amour de nos Rois pour les Sciences, & la protection éclairée des Miniſtres, ont formé dans la France ſeule ces corps nombreux, diſtingués par les connoiſſances les plus profondes. Le Miniſtre qui étoit il y a une trentaine d'années à la tête de la Marine, & que nous voyons maintenant honoré de la confiance du Roi, a voulu que les Conſtructeurs fuſſent inſtruits, déja célébre pour avoir procuré à l'Europe cette baſe aſſurée des connoiſſances aſtronomiques & hydrographiques, la meſure des degrés du Méridien. On lui doit

doit cette heureuſe alliance des connoiſſances aſtronomiques avec celles de la Marine, dont l'exemple donné en Eſpagne par Dom George Juan & Don Antonio de Ulloa, & en France par MM. de Chabert & Bory, ſe trouve avoir été ſuivi avec diſtinction par MM. de Fleurieu & de Charnieres, & un très-grand nombre d'Officiers de la Marine.

Je me ſuis déterminé d'autant plus volontiers à dire mon opinion ſur ce qui a raport à notre Conſtruction, que j'y ai été engagé par pluſieurs Conſtructeurs, & je ſuis perſuadé que leur zele pour le ſervice du Roi leur fera recevoir avec plaiſir les idées utiles qui pourront s'y trouver, ou couvrir de leur indulgence les erreurs que j'aurai pu commettre.

Au reſte, cette indulgence que je réclame, n'eſt pas le ſilence ſur mes erreurs; comment pourrois-je trouver étrange que les nouveaux principes que j'établis paruſſent conteſtables? Comment pourrois-je me perſuader qu'en traitant des Fluides conſidérés ſous un ſi grand nombre de points de vue nouveaux, il ne ſoit pas échappé d'erreurs? Je prie ſeulement les Conſtructeurs d'être perſuadés que mes obſervations ont été dictées par le zele pour le ſervice du Roi, & une véritable eſtime pour leur Corps.

M. le Chevalier de Borda qui a examiné mon Traité de Conſtruction, a bien voulu me communiquer ſes

obſervations, & m'avertir de quelques négligences. Ce Traité n'a pu que gagner conſidérablement du côté de la perfection, par les marques d'attachement qu'un Cenſeur auſſi éclairé a bien voulu me donner. Jai marqué avec ſoin les différens articles où nos opinions ſont différentes; le Lecteur eſt prié de redoubler alors d'attention, & de varier même les expériences qui permettront de ſe décider entr'elles: car il ne s'agit pas de ſavoir de qui l'hypotheſe eſt la véritable, mais quelle eſt la vraie théorie.



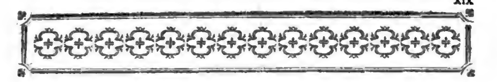
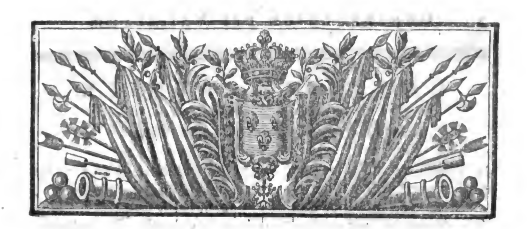


TABLE
DES CHAPITRES
Contenus dans ce Volume.



CONSTRUCTION DES VAISSEAUX.

INTRODUCTION.

ON peut diviser les Vaisseaux en deux classes distinctes : ceux qui sont faits pour aller à la voile, & ceux qui sont faits pour aller à la rame. Les Vaisseaux marchands & ceux de guerre se rapportant à la premiere de ces classes, n'ont aucune différence essentielle ; les Vaisseaux de guerre exigent seulement une plus grande perfection dans leur construction. Les Galeres & même les Chebecs forment la deuxieme classe ; mais on doit observer que comme ces Bâtimens doivent aller en même temps à la voile, les principes de construction sont applicables à tous les Navires. On se propose de les établir dans ce Traité ; on montrera quelles sont les modifications que les diverses circonstances de l'état de la mer y apportent. Comme l'architecture navale & quelques mémoires de M. Grognard renferment à peu près tout ce que l'on peut dire sur la pratique de la construction, on se contentera d'y joindre le peu de remarques essentielles qui ont pu être négligées dans ces ouvrages.

CHAPITRE PREMIER.

Du déplacement des Navires.

1. DE quelqu'espece que soient les Navires, il faut qu'ils puissent porter leurs coque, agrêts, vivres pour les équipages, enfin tout ce que leur destination particuliere exige. Un Vaisseau de guerre, par exemple, doit porter de plus son artillerie & tout ce qui y a rapport; un Vaisseau marchand ou de transport doit pouvoir porter la charge pour laquelle on le construit: une certaine quantité de lest est encore nécessaire à tous les Navires; c'est la premiere chose dont on doit s'assurer, non seulement parce que des Vaisseaux qui ne pourroient porter ce qui leur est nécessaire, ne rempliroient pas le service auquel ils sont destinés, mais encore parce que ce calcul est un préalable indispensable, pour s'assurer s'ils auront une stabilité suffisante, qualité qu'on sait être essentielle.

2. Le principe d'hydrostatique qu'on doit toujours avoir présent à l'esprit, c'est qu'un corps qui flotte sur une liqueur, enfonce dans l'eau d'une quantité égale à son poids. Si un Navire pese 500000 livres, il enfonce dans l'eau jusqu'à ce qu'il occupe la place de 500000 livres d'eau; si on y ajoute un nouveau poids, il enfoncera dans l'eau jusqu'à ce que le nouveau volume d'eau qu'il déplace, pese autant que ce nouveau poids. Cette expérience simple & répétée bien des fois, étant la base de la théorie des fluides, & incontestable, on ne cherchera pas à la démontrer; car il faudroit toujours revenir à des expériences, & on se contentera de suivre les conséquences qu'on en a tirées. De ce qu'un corps plonge dans l'eau jusqu'à ce qu'il occupe un volume dont le poids soit égal au sien, & reste alors immobile, il suit que, puisque la pesanteur cesse d'avoir son effet, il faut que ce corps soit repoussé par le fluide avec une force égale à la pesanteur, & dont la direction lui soit opposée. Cette force, qui est une suite de la fluidité de l'eau ou de son effort

pour reprendre ſon niveau, eſt connue ſous le nom de *pouſſée verticale;* on l'obſerve quand on fait effort pour faire plonger dans l'eau quelque corps d'un grand volume.

Tout le monde remarque auſſi que, quelque ſoit la forme de ce corps plongé dans une eau immobile, il n'a aucun mouvement latéral; ce qui fait reconnoître que les impulſions horizontales ſur un plan, ſont toujours égales & oppoſées, quelque ſoit la courbure des ſurfaces qui le recouvrent.

3. Il étoit eſſentiel de connoître le poids des différentes liqueurs, ſur-tout celui de l'eau douce & de l'eau de mer. Des expériences très-exactes, rapportées dans l'architecture navale, ont fait reconnoître que le Thermometre de M. de Reaumur étant à 17 degrés au deſſus de la congellation, un pied cube d'eau de mer peſe 71 livres 5 onces 7 gros, & qu'un pied cube d'eau douce peſe 69 livres 9 onces 4 gros, enſorte que le rapport de leur peſanteur ſpécifique eſt celui de 1027 à 1000, à quelques variations près, occaſionnées par la différente quantité de ſel qui entre dans l'eau, & la différente température de l'air. Le même volume d'eau eſt plus peſant en hiver qu'en été; mais ces variations peuvent ſe négliger. Le poids des autres liqueurs n'eſt pas important à connoître quand on ne s'occupe, comme nous faiſons ici, que de la conſtruction des Vaiſſeaux.

4. On connoît aſſez exactement les différens poids qui doivent entrer dans les Navires ſelon leur deſtination, & il eſt eſſentiel dans tous les Vaiſſeaux, ſur-tout dans ceux de guerre, de fixer le point de leur enfoncement, afin que les batteries ſoient ſuffiſamment élevées, & que le *fort* des couples, c'eſt-à-dire l'endroit le plus large, ſoit convenablement diſpoſé. Le Conſtructeur ſera aſſuré de remplir cet objet eſſentiel, ſi le poids du volume d'eau, que le Navire déplace quand il eſt à ſon point d'enfoncement déterminé, eſt égal aux différens poids. C'eſt la premiere regle de conſtruction. Le poids de ce volume d'eau ſe nomme *le déplacement de la carene;* on nomme *ligne d'eau de flottaiſon*, ou ſeulement *ligne de flottaiſon*, celle qui fixe le point juſqu'où le Navire enfonce dans l'eau.

Nous n'avons maintenant beſoin pour faire uſage des remar-

ques précédentes, que d'une méthode simple & réglée de mesurer la solidité de la carene & de toutes ses parties. Il seroit à souhaiter qu'on pût la regarder comme un corps géométrique d'une certaine figure déterminée; il suffiroit d'en prendre les principales dimensions; on en concluroit tout d'un coup la solidité. Si par exemple on attribuoit à la carene la figure de l'ellipsoïde, dont la solidité est à celle du parallélipipede circonscrit, comme 11 est à 21, après avoir mesuré les trois principales dimensions de la carene, c'est-à-dire, la longueur, la largeur & la profondeur, & en avoir cherché le produit, il ne resteroit plus qu'à en prendre le $\frac{11}{21}$; mais l'on ne peut attribuer aux Vaisseaux aucune forme géométrique, ni même constante. On trouve des capacités différentes de $\frac{1}{5}$, les trois principales dimensions de la carene étant les mêmes; il faut donc absolument renoncer aux méthodes qui supposent quelque rapport constant entre le parallélipipede circonscrit à la carene & à sa capacité, & l'on ne peut en déterminer la solidité, qu'en la divisant en un grand nombre de parties.

5. Tout l'art qu'on peut employer dans cette opération, consiste à faire ensorte que les diverses parties, dans lesquelles on partage la carene ou tout autre corps dont on cherche la solidité, soient des figures de même espece, & aient le plus de dimensions égales qu'il sera possible. On partagera, par exemple, la carene par divers plans horizontaux ou lignes d'eau à égale distance les uns des autres; on imaginera ensuite d'autres plans verticaux ou *gabarits* perpendiculaires à la longueur du Navire & également éloignés.

Si par exemple BNGMA, figure premiere, représente la coupe horizontale de la carene faite à fleur d'eau, les largeurs ST. QR. &c. ayant été mesurées à des distances égales les unes des autres, pour avoir l'étendue de la ligne d'eau, ou de tous les trapezes dans lesquelles cette surface est divisée, il n'y aura qu'à multiplier la distance 0.1 ou 1.2. d'une largeur à l'autre, par la somme de toutes les largeurs intermédiaires QR. OP. MN &c. & de la moitié de la premiere & de la derniere.

Supposons que toute la longueur OG soit de 120 pieds;

& qu'on ait divisé cette longueur en six parties égales, les largeurs AB. ST. QR. MN. KL. HI. & G étant de 18. 23. 28. 30. 30. 21 & O en G, faisant une somme des intermédiaires & de la moitié des deux extrêmes, on aura 141, qu'il suffit de multiplier par la distance 0.1 ou 1.2 &c. d'une largeur à l'autre, qui est de 20 pieds, on aura 2820 pieds quarrés pour l'étendue de tous les trapezes ou de la surface entiere AMGNB qui sera sensiblement la même, si on a pris un assez grand nombre de largeurs, pour que les parties GH. NK. KM &c. different peu d'être des lignes droites. Si les distances étoient inégales, il y auroit un peu plus de peine à calculer, mais on suivroit les mêmes principes; on sait que pour avoir l'étendue d'un trapeze, il faut multiplier la moitié de la somme des deux largeurs extrêmes par la hauteur; ainsi on auroit pour l'étendue de ces trapezes $\frac{AB+ST}{2} \times 0.1 + \frac{ST+QR}{2} \times 1.2 + \frac{QR+OP}{2} \times 2.3 + \frac{OP+MN}{2} \times 3.4 + \frac{MN+KL}{2} \times 4.5 + \frac{KL+HI}{2} \times 5.6 + \frac{HI+G}{2} \times 6.G.$ Cette méthode, qui est générale, exige un plus grand nombre de multiplication; mais comme il y a dans les plans de Vaisseaux beaucoup de couples à distances égales, on calcule par une seule opération tous ceux qui sont ainsi espacés, & on y joint les surfaces de ceux qui ont des distances inégales par une opération particuliere; en effet si, dans l'exemple précédent, on suppose la seule distance 3. 4 inégale, on aura $\frac{AB+ST}{2} \times 0.1 + \frac{ST+QR}{2} \times 0.1$ égale $1.2 + \frac{QR+OP}{2} \times 0.1$ égal $2.3 + \frac{OP+MN}{2} + 3.4 + \frac{MN+KL}{2} \times 0.1$ égal $4.5 + \frac{KL+HI}{2} \times 0.1$ égal $5.6 + \frac{HI+G}{2} \times 0.1$ égal 6 G ou $\left(\frac{AB}{2} + ST + QR + \frac{OP}{2} + \frac{MN}{2} + KL + HI + \frac{G}{2}\right) \times 0.1 + \frac{OP+MN}{2} \times 3.4$

6. On trouvera de la même maniere l'étendue de toutes les coupes horizontales LO. KN &c. de la figure Q, où elles sont rapportées sur le plan de longueur; pour avoir leur solidité, si les distances de ces coupes sont égales, on fera une somme

des ſurfaces intermédiaires & de la moitié de la premiere & de la derniere, qu'on multipliera par leurs diſtances; lorſqu'on diviſe la carene en un petit nombre de lignes d'eau, cette méthode ne ſeroit pas aſſez exacte pour la partie inférieure de la carene, parce que ſa courbure eſt conſidérable; ainſi il ſera bon dans ce cas de la diviſer en pluſieurs parties plus petites par d'autres plans horizontaux dont la diſtance ſera égale. Diviſant la carene en cinq à ſix lignes d'eau, & la partie inférieure compriſe depuis la quille juſqu'à la premiere ligne d'eau nommée *ligne d'eau des fonds*, en deux ou trois autres ſubdiviſions, ſelon que cette partie a plus ou moins de courbure, on a une très-grande exactitude. Cette méthode de calculer, rapportée d'après M. Bouguer, eſt très-ancienne parmi les Conſtructeurs; le célebre Olivier le pere pouſſoit l'exactitude juſqu'à partager la carene en diverſes lignes d'eau, éloignées ſeulement d'un pied l'une de l'autre.

7. Comme tous les Bâtimens en général, ceux même conſtruits par les Sauvages, les ſeuls *pros* exceptés, (on en voit la deſcription dans le voyage de l'Amiral Anſon) étant conſidérés relativement au plan qui coupe le Vaiſſeau parallelement à la quille, ont les deux côtés des gabarits parfaitement ſemblables, on a coutume de ne marquer dans les plans que les demi-largeurs, & ce ſont ces demi-largeurs que l'on meſure; ainſi on n'a que la moitié du déplacement total, qu'il faut par conſéquent doubler; ce déplacement total exprimé en pieds cubes doit être multiplié par 71 liv. 6 onces, poids du pied cube d'eau de mer, & diviſé par 2000 pour réduire le déplacement en *tonneaux*. Ce ſera la même choſe ſi on diviſe le déplacement de la moitié du Vaiſſeau par 1000 liv. après l'avoir multiplié par le poids d'un pied cube; on peut auſſi diviſer ce déplacement, exprimé en pieds cubes, par 14; car le tonneau eſt équivalent au poids de 28 pieds cubes à peu près, & déſigne un poids de 2000 livres. Ces meſures ſur leſquelles on calcule le déplacement des Vaiſſeaux, doivent être extérieures, c'eſt-à-dire, on doit les prendre en dehors des bordages; il faut donc ajouter au plan vertical, qui ſert à modeler les *couples* ou *gabarits*, les épaiſſeurs des bordages, qui, comme on ſait, ne

ſont pas uniformes, & ſont vers la flottaiſon à peu près doubles de ceux des fonds. C'eſt ce qu'on obſerve dans les plans Anglois, où la ſurface extérieure du Vaiſſeau eſt repréſentée par les couples. Pour éviter la peine de faire ce nouveau plan, les Conſtructeurs calculent ſouvent le déplacement intérieur pris ſur le plan vertical, qui eſt le modele des gabarits, & ajoutent enſuite le poids du bordage, en prenant le contour moyen des couples & des lignes d'eau, qu'ils multiplient l'un par l'autre & par l'épaiſſeur des bordages des fonds. Pour la partie ſupérieure de la carene où commence l'augmentation des bordages, on multiplie la ſurface de cette partie par l'augmentation moyenne de l'épaiſſeur; on y ajoute enſuite le volume d'eau que déplace la quille. A la vérité le calcul de ce déplacement n'eſt pas abſolument utile, à cauſe du peu de différence entre le poids de la quille & celui du volume qu'elle déplace. Peut-être ſeroit-il permis, dans ce calcul, de regarder la carene comme un corps géométrique : car les principales dimenſions étant donées, les ſurfaces de corps très-différens en ſolidité ſont preſque les mêmes; le quart de cercle & l'hypothenuſe d'un triangle rectangle, dont la largeur eſt égale à la hauteur, ne different que de $\frac{1}{10}$, pendant que leurs aires different d'un tiers : alors il faudroit comparer la carene à l'ellipſoïde; mais il vaut mieux ſuivre une des deux méthodes ci-deſſus indiquées.

8. On trouvera de même le déplacement du *doublage*, lequel eſt un nouveau bordage beaucoup plus mince appliqué ſur le véritable. Sa ſurface intérieure eſt garnie de papier, verre pilé, & de poil pour arrêter le travail des vers de mer; la ſurface extérieure eſt quelquefois *maillée*, c'eſt-à-dire, preſque garnie de cloux à tête fort large qu'on enfonce dans le doublage. Comme ce doublage eſt fait avec des bordages très-minces, & n'a pas une grande différence de peſanteur ſpécifique avec l'eau de mer quand il eſt imbibé, ce ſeroit une peine inutile que de faire ce calcul, qui d'ailleurs ſe rapporte à celui des bordages.

On évitera auſſi de confondre le doublage avec le *ſoufflage* que l'on met aux Vaiſſeaux qui ont trop peu de ſtabilité. Ce ſoufflage, & principalement celui *ſur taquets*, n'occupent que

quelques virures à la flottaison; car si on le continuoit jusqu'à la quille, toute cette partie inférieure nuiroit à la stabilité. Comme il ne s'agit ici que du déplacement, on se contentera de remarquer qu'on le calculeroit en mesurant à part cette partie, ainsi qu'on fait pour les bordages vers la flottaison.

Enfin la nécessité de proportionner les déplacemens des différentes parties du Vaisseau à la somme de leurs poids, oblige de calculer les déplacemens de l'avant & de l'arriere des Vaisseaux. Comme on met sur l'avant les parties plus pesantes, il faut que cette partie déplace un volume plus considérable que l'arriere; la différence doit être d'environ $\frac{1}{11}$ du déplacement de chacune de ces parties; mais comme elle dépend principalement de la position des mâts, quand on considere les qualités du Vaisseau, ce rapport ne doit être regardé que comme un à peu près utile.



CHAPITRE

CHAPITRE II.

Du Jaugeage des Vaisseaux.

9. CE qu'on entend par *tonneaux d'arrimage* est une mesure de 42 pieds cubes. Le Législateur l'a défini, il ne peut donc y avoir aucune difficulté ; & si on cherche le rapport qu'il y a entre cet espace & le tonneau, on le trouvera aussi exact qu'il se puisse. Les habitans d'Oleron & des côtes voisines ont donné les loix de la mer pendant long-temps, & rapporté les mesures au tonneau, le parallélipipede circonscrit à ces tonneaux est de 44 pieds cubes. La barrique de vin de Bordeaux, qui (Traité du Navire, page 230) devoit avoir 12 pieds $\frac{1}{8}$ pour le parallélipipede circonscrit, a maintenant quelque chose de plus. Comme les barriques se mettent dans intervalles les unes des autres, & non pas bonde sur bonde, il y a $\frac{2}{15}$ à retrancher sur la hauteur des barriques quand il y a deux plans; un seul rang n'éprouve aucun changement; si on a cinq rangs de barriques, les mettant bonde sur bonde, elles occuperoient $\frac{75}{15}$, ou cinq hauteurs de barriques; les mettant dans les intervalles, la hauteur est $\frac{67}{15}$; ainsi pour les tonneaux de Saintonge on diroit 75, 67 : : 44, parallélipipede circonscrit au tonneau : 39 $\frac{1}{3}$ espace moyen nécessaire pour placer quatre barriques : de même le tonneau de Bordeaux exige seulement un espace de 43 à 44 pieds; c'est ce que la figure 3 montre évidemment. Les hauteurs nécessaires pour deux rangs de barriques, lorsqu'elles sont placées dans les intervalles, éprouvent une diminution dans le rapport de $\sqrt{3}$ à $\sqrt{4}$; aussi compte-t-on dans les Vaisseaux de la Compagnie maintenant 44 pieds & demi pour tonneau de Bordeaux; mais cela dépend du nombre de plans, de la forme des Navires, de leurs dimensions; enfin si l'on peut dire que, relativement aux barriques de Bordeaux, l'espace est 42 pieds, est en général un peu trop foible : il est trop fort pour les barriques de Saintonge.

Le Législateur devoit statuer sur le jaugeage intérieur, ou

de la calle, comme plus relatif au commerce; on remplit la calle d'un Vaiſſeau, mais on s'embarraſſe peu de la ligne de flottaiſon toujours variable. Comment pouvoit-on ſans cela régler la portion des Intéreſſés qui fretent un Navire? Celui qui ſait qu'il a dix tonneaux ou 420 pieds de place dans la calle, ſe prépare en conſéquence. Soit qu'il prenne des effets plus ou moins lourds, il ſait que cette place lui eſt réſervée; mais ſi chaque Intéreſſé avoit un certain poids, il ſeroit poſſible que les derniers ne puſſent rien embarquer, ſi les premiers Armateurs avoient embarqué des choſes fort légeres, parce qu'il ne leur reſteroit pas de place. Le ſeul inconvénient actuel eſt que le Vaiſſeau peut être plus ou moins chargé; mais les Navires marchands doivent être conſtruits de maniere à naviguer ſûrement avec des tirants d'eau bien différens.

Ces réflexions, quoiqu'étrangeres à la conſtruction, ont paru néceſſaires pour diſſiper les difficultés non exiſtantes que M. Bouguer fait entrevoir; on peut d'ailleurs en tirer une conſéquence utile; c'eſt que dans les campagnes où on a beaucoup d'eau à embarquer, il eſt fort utile de former les plans en pieces égales; peut-être même cela ſeroit-il préférable en général pour toutes les campagnes, à moins que la hauteur de la calle n'y apportât un obſtacle; il ne faut pas cependant négliger d'avertir, que, quoique cela fût plus avantageux l'arrimage ſeul conſidéré, il eſt d'un autre côté moins fatiguant pour ceux qui travaillent dans la calle, que les plans ſupérieurs, qu'il faut ſouvent déplacer, ſoient formés de pieces moins peſantes.

10. Le jaugeage, ainſi qu'il eſt fixé par le Légiſlateur, étant relatif à la capacité de la calle, on l'aura avec d'autant plus de préciſion, qu'on prendra un plus grand nombre de meſures. Quelques perſonnes meſurent la profondeur de la calle en cinq endroits différens; au milieu, au pied du mât de miſaine, à huit ou neuf pieds de l'eſtambot, & à des diſtances moyennes entre le milieu & ces dernieres; faiſant une ſomme de ces cinq profondeurs, ils en prennent le cinquieme, qu'ils nomment *profondeur réduite*. Ils meſurent les largeurs dans les mêmes endroits; mais ils en prennent trois, l'un en haut au deſſous des baux, l'autre au milieu de la hauteur, la derniere en bas; ils ajoutent

enſemble toutes ces largeurs & en prennent la quinzieme partie, ce qu'ils nomment *largeur réduite*, qu'ils meſurent par la profondeur réduite de ce dernier produit, par la longueur de la calle; ce qui donne à peu près la capacité qu'ils cherchent, laquelle doit toujours être plus foible que la capacité réelle. Au reſte, il vaut mieux ſuivre les regles générales qui ont été données pour connoître la ſolidité d'un corps.

11. Dans les Vaiſſeaux de guerre de France, le mot tonneau ſe rapporte principalement à un poids de 2000 liv. Le Vaiſſeau trop chargé ne pourroit ſe ſervir de ſa premiere batterie, & la hauteur de ſa flottaiſon eſt ſuſceptible d'une bien moindre variation proportionnelle. C'eſt en ce ſens que l'on entend le mot tonneau, à moins qu'on n'y joigne la diſtinction de tonneau d'arrimage; ce qu'on appelle port en tonneaux dans ces bâtimens en France, eſt la totalité du poids qu'ils peſent tout armés, à la ſeule déduction du poids de la coque; ainſi cette déſignation renferme les agrêts, artillerie, vivres, leſt, équipages: elle me paroîtroit défectueuſe, ſi ce n'eſt qu'il ſuffit de définir les mots dont on ſe ſert pour les rendre également exacts. En Angleterre le mot que nous traduiſons par port a un ſens conſtant pour les Navires marchands & ceux de guerre.

Pour trouver le port des Vaiſſeaux de guerre, on meſure par les procédés indiqués ci-deſſus (N° 6.) La ſolidité de la partie de la carene compriſe entre la coupe horizontale faite à fleur d'eau quand le Navire eſt chargé, & la coupe faite à fleur d'eau lorſqu'il eſt abſolument vuide, c'eſt-à-dire ſans mâture, leſt, ni agrêts, &c. M. Olivier diviſoit cette partie de la carene par des plans à un pied l'un de l'autre; mais il eſt ſuffiſant de la partager par deux plans intermédiaires. Les méthodes géométriques, celles même qui n'emploieroient que la loi de l'accroiſſement des coupes horizontales, doivent être rejettées, à cauſe de la grande variété de figures employées dans la conſtruction qui rend la méthode générale & préférable.

On donnera à la fin de ce Traité le calcul du déplacement d'un Navire; ce qui montrera la diſpoſition qu'il eſt le plus à propos de donner à ces calculs, & contribuera à l'éclairciſſement de la méthode qui a été enſeignée dans cet ouvrage.

CHAPITRE III.

Du Centre de gravité.

I.

12. SI une verge inflexible BP (*Figure 4.*) ſoutenue par un appui très-délié en A, reſte en équilibre, ce point A eſt nommé *le centre de gravité*, ou plus exactement la verticale qui paſſe par ce point, paſſe par le centre de gravité; car il faut remarquer que ce centre eſt dans l'intérieur du corps. Cette même verge, ſoutenue par le point I placé dans la même verticale, reſteroit pareillement en équilibre; ainſi lorſqu'une romaine chargée de poids placés en O & L, & ſuſpendue par le point I, eſt en équilibre, ce point I eſt dans la verticale qui paſſe par le centre de gravité de ces poids, ſi l'on fait abſtraction de la peſanteur de la verge.

L'expérience a montré que la verge étant ſoutenue par le point A, ſi l'on met en O un poids P peſant 2 liv., il faut mettre de l'autre côté vers L un poids Q, qui ſoit au poids P en raiſon inverſe des diſtances AL & AD; enſorte que ſi la diſtance AL eſt double de AO, le poids Q doit être la moitié du poids P; & pareillement ſi le poids Q eſt donné & s'il eſt d'une livre, ou par rapport à P, s'il eſt dans le rapport de 1 à 2, la diſtance AL doit être double de la diſtance AO; enſorte qu'on peut regarder comme un principe de méchanique les mieux démontrés par la force de l'expérience, que la force des corps pour altérer l'équilibre eſt en raiſon compoſée des poids & de leur diſtance au point d'appui. Cette force ou ce produit ſe nomme *moment;* & il ſuit de ces expériences inconteſtables, que, dans le cas d'équilibre, les momens de part & d'autre du point de ſuſpenſion ſont égaux, & ce point ſe confondant alors avec le

centre de gravité, les momens des deux côtés du centre de gravité font pareillement égaux; enforte que leur action doit fe détruire.

13. Ces réflexions conduifent à trouver le centre de gravité d'une façon très-fimple. On fuppofe un point d'appui quelconque, foit à une des extrêmités de la verge, foit dans fa longueur. Suppofons d'abord qu'il foit en B à l'extrêmité, on cherchera le moment du poids P par rapport au point B, c'eft-à-dire, on multipliera P par BO, & celui du poids Q, par rapport au même point B, fera Q. BL. La fomme de ces momens ou P. BO+Q. BL, eft l'effort avec lequel les poids font pencher la verge vers D; mais par rapport au centre de gravité, les momens doivent être nuls; cela arrivera fi on prend un point vers D par rapport auquel ils foient diminués de la même quantité. Si, par exemple, le poids P étant de 10 liv. & le poids Q de 30, les diftances BO & BL font de 6 & de 20 parties, le moment de P eft 60, & celui du poids Q eft 600, la fomme des efforts eft 660 par rapport au point B; fi l'on divife cette fomme des momens 660 par celle des poids 40, le quotient 16 $\frac{1}{2}$ fera la diftance du point B au centre de gravité; car par rapport à ce nouveau point, les momens feront de 660, moindres que par rapport à B, & feront nuls par conféquent.

On peut pareillement fuppofer le point d'appui, foit entre les poids, foit à la place où eft fitué un des poids. Dans le premier cas, c'eft la différence des momens qu'il faut divifer par la fomme des poids; ainfi, dans l'exemple précédent, je fuppofe qu'on prenne le point d'appui en H éloigné de B de dix parties, le moment du poids P fera 10 .4 ou 40, celui de Q fera 30. 10 ou 300; & comme ces efforts font oppofés, puifque l'un tend à incliner la verge du côté de B & l'autre du côté de D, il faut n'en prendre que la différence 260 qu'on divifera par 40, fomme des poids, le quotient fera 6 $\frac{1}{2}$; ainfi le centre de gravité fera à 6 parties $\frac{1}{2}$ de H vers D, ou à 16 parties $\frac{1}{2}$ de B vers D, comme on avoit trouvé ci-devant.

Enfin on peut fuppofer le point d'appui à l'endroit d'un des poids; fuppofons-le en O dans la verticale du poids P, alors

le moment de P devient nul, puiſqu'il eſt P . O ; mais celui de Q eſt Q. OL. ou 30. 14 ou 420 qu'on diviſe par 40, ſomme des poids, le quotient 10 $\frac{1}{2}$ montre que le centre de gravité eſt à 10 parties $\frac{1}{2}$ de O vers D, ou à 16 $\frac{1}{2}$ de B comme on a trouvé.

C'eſt la même choſe ſi on a un plus grand nombre de poids; on prendra un point d'appui quelconque; ſi en le ſuppoſant dans l'intervalle des poids, les momens à droite & à gauche ſont égaux & ſe détruiſent, ce point eſt le centre de gravité; ſi quelques-uns de ces momens ſont ſupérieurs aux autres, le centre de gravité ſera vers le côté où ſont les plus forts momens, & d'une quantité telle que le produit du poids par la diſtance à ce nouveau point, ſoit égal aux momens par rapport au point ſuppoſé.

Ainſi la regle générale, pour trouver le centre de gravité d'un corps, eſt qu'il faut prendre un point quelconque, chercher les momens par rapport à ce point, en prendre la ſomme où la différence, ſelon que les poids ſont ſitués du même, ou de différent côté par rapport au point d'appui, & diviſer cette ſomme des momens, ou leur différence, par la ſomme des poids; le quotient eſt la diſtance du centre de gravité au point d'appui. Par la même raiſon, on trouvera le mouvement du centre de gravité lorſqu'on tranſpoſe des poids, en diviſant le moment de ces poids tranſpoſés par la ſomme de tous les poids compoſant le corps.

On s'eſt étendu ſur cette recherche parce qu'elle eſt eſſentielle, & qu'elle tient aux principes les plus inconteſtables de méchanique; rien n'eſt plus propre à donner une idée du centre de gravité, que de conſidérer avec attention l'eſpece de balance nommée *Romaine*.

14. On trouve, en ſuivant les mêmes principes, le centre de gravité des ſurfaces & des ſolides. Pour fixer les idées, on ſuppoſe chaque point de la ſurface uniformément chargé, & prenant à volonté un point d'appui, on prend la ſomme des momens des poids ou de la ſurface qui y eſt proportionnelle, par rapport à ce point, & on diviſe la ſomme des momens par celle des poids, le quotient eſt la diſtance du centre de gravité

au point fixe. Comme les figures, ſoit régulieres, ſoit irrégulieres, peuvent ſe réduire à des triangles, il eſt eſſentiel de montrer que leur centre de gravité de ces dernieres figures, eſt au tiers de leur hauteur : ſoit le triangle ABD : (*Figure 5.*) ſi d'un angle A on tire AI, coupant le triangle en deux parties égales, le centre de gravité ſe trouvera ſur cette ligne à cauſe de l'égalité abſolue des deux parties ABI, ADI : il en eſt de même par rapport aux lignes DM, BN, qui coupent auſſi en deux le même triangle ; à cauſe de l'égalité des parties DN, AN, les triangles ACN. NCO ſont égaux, & dès-lors les triangles ABN, NBD ſont égaux, & qu'on en ôte des parties égales. Par la même raiſon, les triangles ACD, ACB ſont égaux : donc ACD, ACB. BCD ſont égaux, & ſont le tiers du triangle total ; il faut donc que la hauteur C, au deſſus de chacune des baſes, ſoit au deſſus de la hauteur du triangle total.

15. Maintenant ſoit (*Fig. 6.*) la ſurface ABCDEEDCBA dont on cherche le centre de gravité ; on tirera les lignes BA, CB. DC. ED. qui partagent le corps en divers trapezes irréguguliers & triangles. Le triangle AAB a ſon centre de gravité au tiers de ſa hauteur ; le trapeze irrégulier BABC a ſon centre de gravité ſur la ligne BB : les triangles BAB. BCB ayant la baſe BB commune, & une hauteur égale qui eſt celle des ordonnées ; de même le trapeze CBCD a ſon centre de gravité en CC ; le trapeſe CDED a le ſien ſur la ligne DD, & le triangle DEE a ſon centre de gravité aux $\frac{1}{3}$ de la diſtance des ordonnées DL, EE. Cette démonſtration eſt la même quelque ſoit la largeur des lignes AA & EE qui peuvent devenir nulles.

L'on prend le point d'appui ou terme en AA, la ſomme des momens, ſuppoſant toutes les diſtances égales, eſt donc AA. $\frac{01}{2}.\frac{01}{3}$ + BB.01.01. + 2CC.01.01. + 3.DD.01.01. + EE. $\frac{01}{2}$. $3+\frac{2}{3}$ 01. la ſomme des poids ou des triangles eſt AA. $\frac{01}{2}$ + BB. 01. + CC. 01. + DD. 01. + EE. $\frac{01}{2}$; ce qui fournit une regle très-ſimple pour trouver le centre de gravité d'une ſurface plane dont on a meſuré les diverſes largeurs à des diſtances égales, c'eſt de faire une ſomme du tiers de la premiere largeur, de la deuxieme, du double de la troiſieme, du triple de la quatrieme, & ainſi de ſuite juſqu'à la derniere, qu'on multi-

pliera par $\frac{1}{3}$ de moins que sa dénomination, c'est-à-dire, si c'est la huitiéme par $6\frac{2}{3}$, & on prendra la moitié du multiple des extrêmes; on divisera cette somme par celle de toutes les largeurs intermédiaires & la moitié des extrêmes, le quotient sera la distance du centre de gravité à la premiere largeur dont on prend le point d'appui, exprimée en distance de couple, & on la multipliera par la distance des largeurs pour l'exprimer en pieds & pouces. Cette méthode est un peu différente de celle de M. Bouguer : elles deviennent les mêmes si les ordonnées ou largeurs sont infiniment proches; mais le nombre étant fini, la méthode de M. Bouguer est défectueuse. Si, par exemple, on vouloit trouver le centre de gravité d'un triangle sans employer des largeurs intermédiaires, on trouveroit, par la méthode de M. Bouguer, que le centre de gravité est au quart, au lieu qu'il est au tiers de la hauteur; il est vrai que c'est un cas extrême, que, généralement parlant, on n'auroit que de légeres différences; mais comme cette plus grande exactitude ne rend pas le calcul plus compliqué, on ne doit pas la négliger.

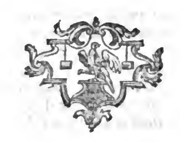
C'est toujours en suivant les mêmes principes, qu'on trouve le centre de gravité d'un corps; on le partage en plusieurs tranches; on a par la regle précédente le moment de chacune de ces tranches; on en fait une somme, n'employant dans l'addition que la moitié des momens de la premiere & de la derniere, qu'on divise pareillement par la somme des poids, où l'on n'emploie que la moitié des surfaces de la premiere & de la derniere ligne d'eau; le quotient est la distance du centre de gravité commun au point qu'on a pris pour terme.

15. La hauteur du centre de gravité est la plus utile à connoitre; pour la trouver ce sont toujours les mêmes principes, c'est-à-dire, qu'après avoir partagé la carene par plusieurs tranches à égale distance, on multipliera l'étendue de la premiere par $\frac{1}{3}$, celle de la deuxieme par 1, de la troisieme par 2, & ainsi de suite jusqu'à la derniere, qui sera multipliée par $1\frac{1}{3}$ de moins que sa dénomination; *c. à d.* par $4\frac{2}{3}$, si c'est la sixieme, on prendra la moitié du multiple des momens des extrêmes, & les autres en entier; enfin on divisera cette somme par celle des surfaces, dans lesquelles on ne fera entrer que la moitié de la

la moitié de la premiere & de la derniere ligne d'eau, en comptant la surface de la quille pour la premiere ligne d'eau.

On supposera que dans la (*Figure 7.*) les lignes horizontales AB. CD. EF, &c. sont proportionnelles aux surfaces des lignes d'eau, & on cherchera le centre de gravité de cette figure ; ce qui réduit la démonstration à N° 15. On trouvera à la fin de ce Traité le calcul d'un Vaisseau.

On ne doit pas oublier ce qui a été dit (N° 2.) que puisqu'un corps reste immobile dans l'eau quand sa pesanteur & celle du volume d'eau qu'il déplace sont égales, il faut, pour que la pesanteur cesse d'avoir son effet, que la direction de la force qui le soutient soit égale à la pesanteur, & lui soit opposée; cette vérité peut être énoncée différemment : on peut dire qu'un condition essentielle pour qu'un corps plongé reste dans une situation constante, est que les centres de gravité de la charge & de la carene, que nous nommerons aussi *centre de figure*, soient dans la même verticale; si ces deux centres n'étoient pas dans la même verticale, ce seroit la même chose que si on avoit une verge inflexible (*Fig. 4. N° 11.*) qui seroit poussée en haut par une force verticale agissante sur un point qui ne seroit pas celui des poids, alors la verge s'inclineroit vers B ou D du côté où les poids seroient situés par rapport à la force verticale.



CHAPITRE IV.

De la Stabilité.

I.

17. UNE idée précise du centre de gravité étoit essentielle pour entreprendre la recherche de ce qui doit donner aux Vaisseaux l'avantage de bien porter la voile, lequel, d'un nom plus général, se nomme *stabilité*. Pour simplifier cette recherche, on commencera par examiner ce qui a lieu pour chaque coupe verticale en particulier; ce qui sera vrai dans ce cas, le sera pour toutes les coupes dont l'assemblage forme le Vaisseau.

Soit donc la coupe ABCD (*Figure 8.*) dont nous supposons la charge homogene & d'un poids égal à l'eau, si l'on veut qu'elle s'incline par la transposition des poids, ensorte que sa nouvelle situation soit abCD, il est évident que les triangles AEa, BEb doivent être égaux; car, puisqu'il n'y a qu'une simple transposition de poids, le déplacement total ne peut changer : il ne faut donc que transporter en AEa les poids qui étoient en BEb; ou comme les poids sont censés réunis dans leur centre de gravité, on transportera de 1, centre de gravité de BEb, en o, centre de gravité de AEa, un poids égal au déplacement de cette partie triangulaire. Ainsi l'effort, pour produire une inclinaison, est égal à ce même déplacement multiplié par la distance 10 des centres de gravité.

Dans la supposition que nous avons faite ci-dessus d'un chargement homogene & d'un poids égal à l'eau, il est évident que les centres de la carene en total & de toutes les parties, sont perpétuellement confondus avec ceux des poids, & qu'ainsi les mêmes momens changés, donnent le même mouvement à ces divers centres.

Il s'ensuit que, pour trouver la stabilité ou la quantité d'efforts qui produit une inclinaison donnée, il faut chercher le point E situé de telle sorte, que les parties qui entrent dans l'eau & en

fortent, foient égales de part & d'autre, & chercher enfuite la diftance de leur centre de figure; ce fera le bras de levier par lequel il faut multiplier l'aire d'une de ces parties.

La ftabilité pour une inclinaifon étant rapportée au moment ci-deffus, on a (N° 13.) le mouvement Gg. du centre de gravité total, occafionné par cette différence de momens, & la ftabilité étant divifée par le déplacement total, on a une autre expreffions abfolument la même; le moment des poids tranfpofés repréfenté par le moment des parties triangulaires, & le produit de la pefanteur du Vaiffeau par le mouvement Gg de fon centre de gravité, le Vaiffeau réagit par un effort égal à fa pefanteur, multipliée par le mouvement de fon centre de gravité; on défignera fouvent, dans la fuite, la pefanteur du Vaiffeau par la lettre initiale P.

18. La premiere verticale qui paffe par le centre de gravité G, & la deuxieme qui, dans le cas de la tranfpofition des poids, paffe par le nouveau centre g, fe coupent en un point *m* & l'angle G*m*g des deux verticales, eft évidemment égal à l'angle d'inclinaifon. Si l'on fait cette analogie, la corde de l'angle d'inclinaifon eft à l'effort qui a produit l'inclinaifon, comme le finus total eft à un quatrieme terme, qui fera la ligne G*m*, on aura la diftance du centre de gravité au point d'interfection des deux verticales. On ne trouve pas à la vérité dans les tables les cordes, mais on y fupplée en prenant les finus de la moitié des arcs; ainfi, au lieu du premier terme de l'analogie que la figure nous indique, on emploiera le finus de la moitié de l'angle de l'inclinaifon multiplié par 2; & fi l'on fe fert de logarithmes, on ajoutera 03010300 logarithme de 2 à celui du finus de la moitié de l'angle d'inclinaifon. Par le moyen de cette analogie on a une expreffion de la ftabilité rapportée au rayon qui eft P. *m*G.

19. On a jufqu'ici fuppofé le chargement de la carene homogene, & d'un poids égal à celui de l'eau, & par conféquent les centres de gravité de la charge & de la carene confondus; mais fi ce cas n'a pas lieu, fi le centre de gravité eft en *r* 1 ou *r* 2, l'inclinaifon du refte étant la même, la pefanteur du Vaiffeau, qui réfiftoit à l'inclinaifon avec une force g G, réfifte avec une

force $r\,1\,s\,1$ ou $r\,2\,s\,2$; le bras de levier ou diſtance à l'interſection des verticales, qui étoit mG, eſt $mr1$ ou $mr2$: il faut donc à cauſe de l'égalité de l'action de la réaction, puiſque le Vaiſſeau réagit avec une plus grande ou moindre force, augmenter ou diminuer l'expreſſion de la ſtabilité trouvée ci-deſſus dans le rapport de $mr1$ ou $mr2$ à mG, ſelon que le centre de la charge eſt plus ou moins élevé que G, & ainſi la ſtabilité dont l'expreſſion (N° 17.) étoit PmG, la charge étant homogene, eſt en général P (mG $\frac{+Gr1}{-Gr2}$) lorſqu'elle ne l'eſt pas.

On a conſidéré juſqu'ici les inclinaiſons finies, parce qu'un Conſtructeur ne peut ſe former une juſte idée de ce qui peut avoir lieu lorſqu'un Vaiſſeau eſt incliné, qu'en les calculant; à la vérité ſi ces inclinaiſons ſont conſidérables, elles obligent à un calcul aſſez pénible à cauſe de la recherche du point E, qui doit être tel que les parties de la carene qui entrent dans l'eau, ſoient égales à celles qui en ſortent, & de la recherche des centres de gravité de ces parties, qui ſont toujours très-irrégulieres; mais il eſt très-utile d'avoir fait quelques-uns de ces calculs, ſans cela on ne peut ſe faire aucune idée de ce qui arrive dans les grandes inclinaiſons. On élude les difficultés en conſidérant des inclinaiſons infiniment petites : alors les parties qui entrent dans l'eau & en ſortent peuvent être regardées comme égales, ne différant que d'un infiniment petit du ſecond ordre; le point E eſt au milieu de la largeur, les centres de gravité 1 & o ſont diſtans du point E des $\frac{2}{3}$ de la $\frac{1}{2}$ largeur (N° 14.) ainſi la diſtance 10 $= \frac{4}{3}$ BE. l'aire du triangle eſt BE. multiplié par la moitié du ſinus de l'inclinaiſon; ainſi le moment pour une inclinaiſon donnée eſt $\frac{4}{3}$ BE. $\frac{1}{2}$ BE^2 multiplié par ce ſinus; & pour réduire cet effort à la ſtabilité abſolue (N° 17.) on fait l'analogie ci-deſſus & on a $\frac{2}{3}$ BE^3 qui égale P. m G qui repréſente auſſi la ſtabilité abſolue. Ainſi $\frac{2}{3}$ BE^3 $=$ P. m G & m G $= \frac{2}{3}\frac{BE^3}{P}$. Dans le cas de la charge homogene, c'eſt la hauteur de l'interſection des verticales au deſſus du centre de gravité de la carene.

20. On a vu (N° 19.) que la ſtabilité d'un Vaiſſeau, lorſque les centres de la charge & de figure ne ſont pas confondus, eſt P. (mG $\frac{+Gr1}{-Gr2}$) Il y a donc un cas où la ſtabilité peut être

nulle; c'eſt quand $r\,2$ & m ſont réunis, ou quand le centre de gravité de la charge eſt dans l'interſection des deux verticales; car alors $r\,2$ étant le même que m, l'expreſſion eſt P. (m G—G m) ou $= 0$.

Si le centre de la charge eſt à cette hauteur au deſſus du centre de la carene, qui eſt exprimée par $\frac{1}{3}\frac{DF^3}{P}$, la ſtabilité eſt nulle; ce qui l'a fait nommer par M. Bouguer metacentre, c'eſt-à-dire, la limite de la plus grande hauteur où puiſſe être porté le centre de la charge. Ce point eſt l'interſection des deux verticales G m, g m; effectivement quel que ſoit l'inclinaiſon, comme le rayon ou bras de levier avec lequel la ſtabilité agit, eſt nul, le ſinus $r\,2\,s\,2$ où la diſtance à la verticale qui meſure la réaction du Vaiſſeau, eſt pareillement nul.

Cette hauteur m du centre de la charge ſeroit même trop conſidérable, car le Vaiſſeau n'ayant aucune force pour ſe rétablir, quand la cauſe qui produit une inclinaiſon vient à ceſſer, reſteroit dans la ſituation où il étoit quand la cauſe a ceſſé; à la vérité, quand le centre de la charge eſt encore plus élevé, le Vaiſſeau continue à s'incliner, même après la ceſſation de l'effort qui auroit produit la moindre inclinaiſon; mais ces ſituations de la charge rendroient le danger égal; car un Vaiſſeau doit avoir une ſtabilité poſitive.

Nota. Ce qui a été dit d'une coupe verticale, convient à toutes les autres dont le Vaiſſeau eſt l'aſſemblage; ainſi, en calculant la ſtabilité de toutes les coupes, multipliant cette ſomme par leur diſtance, on a la ſtabilité totale du Vaiſſeau, qui ſera d'autant plus exacte, qu'on aura pris un plus grand nombre de parties. Ici, comme dans les autres calculs, il faut ſe ſervir des méthodes d'approximation réſultante de la diviſion du Vaiſſeau en un grand nombre de parties. On fera un ſomme des cubes de toutes les largeurs des couples à la flottaiſon, ne faiſant entrer dans l'addition que la moitié du premier & du dernier terme, & on multipliera cette ſomme par la diſtance des couples. On trouvera à la fin de ce Traité un modele de ce calcul.

21. Nous ferons ici le réſumé des principes de la ſtabilité.

Dans l'état homogene, c'eſt-à-dire, quand les centres de la

charge & de figure font confondus, la ftabilité eft égale aux $\frac{1}{3}$ de la fomme des cubes de la flottaifon. Si le centre de la charge eft plus élevé que celui de figure, (comme il arrive toujours) la ftabilité trouvée ci-deffus pour l'état homogene, doit être diminuée d'une quantité égale au produit de la pefanteur par la diftance de ces centres. Si le centre de la charge eft moins élevé que le centre de figure, alors la ftabilité trouvée pour l'état homogene, doit être augmentée de la même quantité.

Si l'on augmente la longueur du Vaiffeau en éloignant également toutes les coupes, la ftabilité augmente comme la longueur.

Si on ne touche qu'aux largeurs & fi on les augmente toutes proportionnellement, la ftabilité augmente comme le cube des largeurs, ou, ce qui eft la même chofe, comme le cube de la principale largeur.

Si l'on ne touche qu'à la partie inférieure de la carene, la ftabilité pour l'état homogene refte la même, puifqu'on fon expreffion dépend de la flottaifon feule ; & enfin, dans les Vaiffeaux femblables, la ftabilité eft comme les quatriemes puiffances d'une dimenfion. Lorfque l'on confidere des inclinaifons finies, la ftabilité pour l'état homogene eft égale à l'aire d'une des parties qui entrent dans l'eau ou en fortent, multipliée par la diftance de leur centre de gravité ; enforte que, fi toutes les coupes font circulaires, la ftabilité eft proportionnelle à l'angle d'inclinaifon ; car à chaque inftant, pour augmenter l'inclinaifon d'un angle égal, il faut la même force. *Nota.* J'entens par ftabilité un effort égal à celui qui a procuré l'inclinaifon.

Si les coupes font des parallélogrammes, la ftabilité augmente toujours, c'eft-à-dire, que plus le Vaiffeau s'incline, plus l'augmentation d'effort, pour produire l'inclinaifon du même angle, doit être confidérable.

L'irrégularité néceffaire des coupes des Vaiffeaux nous difpenfe de fuivre M. Bouguer dans l'examen des diverfes dévelopées de la courbe, qui feroit le lieu des diverfes élévations du metacentre, & qui repréfenteroit pareillement ces augmentations de ftabilité.

Le metacentre eſt un point toujours relatif au centre de figure, & c'eſt par rapport à ce point qu'on en détermine la hauteur (N° 19.) on la trouve en diviſant la ſtabilité par la peſanteur : car la ſtabilité abſolue eſt égale à la force avec laquelle la peſanteur réagit, ou au produit de cette même peſanteur par la diſtance du centre de figure au metacentre.

22. On a vu (N° 19.) que la ſtabilité trouvée pour un Vaiſſeau dont la charge eſt homogene, augmente ou diminue d'une quantité égale au poids du Vaiſſeau, multiplié par la diſtance des centres de la charge & de la carene, lorſque ces deux centres ne ſont pas réunis : elle augmente ſi le centre de la charge eſt moins élevé, & elle diminue s'il eſt plus élevé que celui de la carene : de-là il ſuit que les parties ajoutées augmentent ou diminuent pareillement la ſtabilité, ſelon que leur centre de figure eſt plus ou moins élevé que celui de la nouvelle charge, dont le poids égale leur déplacement.

Ainſi dans la carene ABDC (*Figure 9.*) la ſtabilité, quand les centres de la charge & de la carene ſont réunies en G, eſt $\frac{2}{3}$ AM³, ſi le centre de la charge eſt en H, la ſtabilité eſt $\frac{2}{3}$ AM³ + ABC carene que nous nommerons P. (NG—NH); ajoutons maintenant les parties BDd, ACc, enſorte que la carene entiere ſoit ABdc, & ſuppoſons leur chargement *p* homogene, il n'y aura aucune différence entre les momens de la charge & de la carene de ces parties, & la différence pour ABDC reſtera la même : la ſtabilité reſte donc toujours $\frac{2}{3}$ (AM³) + P. (NG—NH.) Suppoſons maintenant le centre de figure des parties ajoutées en O & celui de leur charge en I, la différence des momens de la charge totale & de la carene ſera augmentée de P. (NO—NI) qui ſera le nouveau changement apportée à la ſtabilité. M. de Borda m'a communiqué la ſolution ſuivante, dont on ne doit pas perdre de vue les conſéquences dans la Pratique de la Conſtruction.

23. « Si dans la figure 10, AB CDEFG eſt une coupe d'un » Vaiſſeau, LDEF la place du leſt, ABKDHGF une nou- » velle coupe dont la ſurface ſoit égale, ſoient *o* & *p* les cen- » tres des parties ajoutées & retranchées ; je ſuppoſe encore » que la partie GEDH ſoit remplie du leſt qu'on ôte de LD ld, » dont le centre de gravité eſt en *i*.

» Le poids du lest transposé est égal au déplacement de la » partie GEDH, multipliée par le rapport de la pesanteur du » lest à celle de l'eau, qu'on suppose tel que l'on veut, mais » qui sera désigné ici par *n*. Le moment du lest changera par sa » transposition d'une quantité *n*. GEDH. *o i*. Le poids du char- » gement transposé sera pareillement GEDH, qui est égal à » DCBK, multiplié par sa gravité spécifique qu'on nommera » en général *m*, & le moment occasionnée par sa transposition » sera *m*. GEDH. *pi*, différence de hauteur du chargement » dans les deux positions.

» Le changement des momens de la carene est GEDH. 20 » ou GEDH. $(pi + oi)$; si le changement de momens de la » charge est plus considérable que celui de la carene, le centre » de la charge sera plus abaissé que celui de la carene, & la » stabilité sera augmentée; si ce changement de moment est » égal pour la charge & pour la carene, la stabilité sera la même; » si au contraire les momens de la carene éprouvent le plus » grand changement, la stabilité sera diminuée. Ainsi il faut » voir si GEDH $(n.\,oi + m.\,pi)$ est plus grand égal ou moindre » que GEDH $(oi + pi)$ ou si $(n-1)\,oi + (m-1)\,pi$ est » positif, égal à o, ou négatif. Cela dépend des valeurs de » *n* & *m* & des distances *oi* & *pi*. Soit le lest d'une pesanteur » double de l'eau de mer, que la gravité du reste du charge- » ment soit les $\frac{2}{3}$ du poids de l'eau de mer, ou $m = \frac{2}{3}$, la quan- » tité précédente devient $oi - \frac{1}{3}\,pi$, & elle sera égale à o, si » $oi = \frac{1}{3}$ de *pi*. Si *oi* est plus approchant de l'égalité avec *pi*, » la stabilité augmentera : si au contraire o 1 est moindre que » $\frac{1}{3}\,oi$, la stabilité diminue. »

Comme en général le centre du lest ne peut s'abaisser que d'un pied pour la partie transposée, ce n'est que dans la partie inférieure qu'on peut abaisser le centre de figure; & l'on doit remarquer que dans tous les cas où *n* seroit moindre que l'unité, ainsi que *m*, & qu'alors il est évident que $(n-1)\,oi + (m-1)\,pi$ est négatif; alors on perd de la stabilité en abaissant le centre de figure : c'est donc une regle générale de construction de tenir le centre de figure élevé dans toutes les parties où il n'y a point de lest.

Cette

Cette ſolution a paru d'autant plus utile, qu'elle contribuera à décider s'il eſt avantageux d'élever ou d'abaiſſer le centre de figure.

M. Bouguer (page 310 du Traité du Navire) dit : on peut augmenter la profondeur à l'infini & toujours avec avantage pour la ſtabilité ; il propoſe ailleurs la figure de trapezes; enfin, à moins que M. Bouguer ne veuille parler de Navires qui auroient beaucoup de leſt, on ne peut interprêter ces mots que dans le ſens où ils ont été juſqu'ici, c'eſt-à-dire, que le centre de figure doit en général être abaiſſé.

M. Euler s'explique très-clairement : Il dit qu'il faut que ce centre ſoit élevé le plus qu'il eſt poſſible. Heureuſement cette diverſité d'opinions ne doit pas jetter le moindre doute ſur la certitude de la théorie ; les principes ſont les mêmes dans les Ouvrages de ces deux Savans & dans ce Traité; la cauſe de cette différence dans les conſéquences vient de ce qu'il ſemble que M. Bouguer a eu une idée peu exacte de la denſité du chargement des Vaiſſeaux.

24. On en donnera une idée générale : elle eſt d'autant plus eſſentielle, que c'eſt de la qualité du chargement, ou, comme on a vu ci-deſſus, du rapport de n à m, que dépend la vérité de l'une ou de l'autre regle de conſtruction.

Les Vaiſſeaux de guerre ont le poids de leur coque égal à peu près à la moitié de leur déplacement, & preſque toute la coque peut être regardée comme ſituée invariablement par rapport à la flottaiſon. Les ponts, gaillards, œuvres mortes, la plus grande partie des œuvres vives, enfin preſque toute la coque, la partie des varangues exceptée, eſt à une poſition invariable, ainſi que la plus grande partie de l'artillerie, équipages, mâture, ancres, manœuvres, chaloupe & canot, & cela fait environ les $\frac{2}{3}$ du déplacement du Vaiſſeau.

Le leſt y compris les boulets, quand on a ſix mois de vivres & 80 jours d'eau, eſt environ la douzieme partie du déplacement, à quelques variations près ; car une grande partie des boulets eſt en haut.

La charge qui eſt dans la calle n'a guere que la moitié de la denſité de l'eau, au plus les $\frac{2}{3}$; car, par cette expreſſion de

denſité, on entend le rapport des différens poids à l'eſpace total; & s'il y a dans la calle quelques parties du chargement qui ont près des $\frac{3}{4}$ de la denſité de l'eau, il y en a qui n'en ont que le quart, quelques endroits même ſont vuides.

On examinera, d'après ces données, le changement que l'élévation ou l'abaiſſement des centres de figure apporte à la ſtabilité. On ſuppoſera (*Figure 11.*) deux Vaiſſeaux de même déplacement, formés l'un de parallélogrammes, l'autre de coupes triangulaires; il ne s'agit pas ici de prendre des figures uſitées dans la conſtruction, mais de rendre ſenſibles, & par des calculs aiſés, les effets que nous recherchons. On n'enviſagera qu'une coupe; la largeur ſera 40 pieds, le creux de 20 pour le Vaiſſeau en parallélogramme, & de 40 pour le Vaiſſeau en triangle, le déplacement eſt 800, la ſtabilité homogene, qui eſt les $\frac{2}{3}$ du cube de la demi-largeur (N° 20.) eſt 05333 $\frac{1}{3}$.

Les $\frac{2}{3}$ du déplacement ou 533 $\frac{1}{3}$, repréſente la partie invariable du poids & chargement du Vaiſſeau; le leſt, qui en eſt $\frac{1}{12}$, fait 66 $\frac{2}{3}$, & le reſte du chargement variable eſt 200 parties, c'eſt-à-dire, un quart du chargement total. Sa denſité étant la moitié de celle de l'eau, il occupera dans la calle la moitié de la hauteur du tirant d'eau.

On ſait que le centre de figure d'un parallélogramme, eſt à la moitié de la hauteur, & celui du triangle au tiers à compter de la baſe; ainſi il eſt éloigné de la flottaiſon de 10 pieds dans le parallélogramme, & de 13 $\frac{1}{3}$ dans le triangle, & pareillement le metacentre du parallélogramme eſt plus élevé de 3 pieds $\frac{1}{3}$ que celui du triangle; enſorte que le moment de la partie invariable, par rapport à ces centres, eſt moins avantageux de ſa quantité 333 $\frac{1}{3}$ × 3 $\frac{1}{3}$, ou de 1778 parties.

La partie de la charge variable occupant la moitié de la calle, ſon centre ſera dans le parallélogramme à 5 pieds, & dans le triangle à 7 pieds $\frac{1}{2}$ au deſſous du centre de figure: la différence eſt 2 pieds $\frac{1}{2}$; ainſi cette partie de la charge augmente la ſtabilité dans le triangle, plus que dans le parallélogramme de 500.

Il ne reſte plus qu'à voir l'effet du leſt. Dans le parallélogramme, il eſt à 10 pieds du centre de figure, dans le triangle il eſt à 26 $\frac{2}{3}$ pieds; la différence eſt 16 $\frac{2}{3}$ qu'il faut multiplier

par 66 ½ égal au leſt; on a 1111 dont le moment du leſt eſt plus grand dans le triangle relativement au centre de figure, que dans le parallélogramme; ainſi on diſpoſera ces diverſes parties en cet ordre.

Moment de la partie invariable par rapport au centre de figure	— 1778
Moment de la partie variable du chargement	+ 500
Moment du leſt	+ 1111
La ſtabilité eſt diminuée, ou eſt	— 667

Si la ſtabilité du Vaiſſeau étoit, comme il arrive fréquemment, le tiers de ce qu'elle eſt, la charge ſuppoſée homogene, elle ſeroit $\frac{5331}{3}$ ou 1777; alors elle ſe réduiroit à 1610, & ſeroit diminuée d'un dixieme.

La diminution ſera plus conſidérable, conſidérant les épaiſſeurs du bois (Voyez *Fig.* 12.), & faiſant la denſité du leſt double ſeulement de celle de l'eau. Nous ſuppoſerons l'épaiſſeur de 18 pouces. D'après ces ſuppoſitions, le centre du leſt dans le rectangle ſera environ à 8 pieds de celui de figure; dans le triangle l'épaiſſeur du bois donnera 3 pieds de hauteur en bas, & le leſt occupera une hauteur de 8 pieds 2 pouces; enſorte que ſon centre ſera à 18 pieds 3 du centre de figure, ou 10 pieds 3 plus bas que dans le parallélogramme; ce qui fait une augmentation de ſtabilité de 680 parties.

La charge s'élevera dans le triangle juſqu'à la hauteur de 29 pieds 6 pouces à peu près au deſſus du fonds du Navire, & ſon centre ſera à 20. 10, ou, à cauſe de l'épaiſſeur du bois, à 23 pieds 10 pouces de hauteur; ce qui fait 2 pieds 10 pouces au deſſous du centre de figure dans le parallélogramme. La charge s'éleve juſqu'à 11 pieds 7 pouces au deſſus du Navire, & ſon centre eſt 2 pieds 4 pouces au deſſous du centre de la charge; ainſi dans le triangle la charge eſt d'un demi-pied plus bas que dans le parallélogramme, & la ſtabilité eſt plus grande pour cet article dans le triangle de 200 × ½ ou de 100; ainſi la ſtabilité dans le triangle eſt — 1778 + 100 + 680, ou eſt diminuée de 998, & par conſéquent ſeroit diminuée de plus de moitié.

Pour conſidérer encore cette même queſtion d'une façon

plus générale, supposons que dans la même figure 13, les points G & g marquent les centres des carenes, dont le déplacement & la flottaison sont égales, que la partie variable de la charge soit une partie quelconque du chargement total $=\frac{1P}{n}$, la partie invariable est $\frac{(n-1)}{n}$ P : par l'abaissement du centre de carene de de G en g, cette partie de la charge, dont le centre est à la même hauteur relativement à la flottaison, a un plus grand degré de bricolle, la quantité est $\frac{(n-1)}{n}$ P. G g. Si la partie variable de la charge avoit pareillement la même hauteur absolue, elle rappelleroit avec moins de force, & son bras de levier seroit moindre de la même quantité. Cherchons maintenant de combien doit être l'abaissement de la partie variable de la charge, pour augmenter la stabilité d'une quantité égale à celle dont elle a été diminuée, & nommons cet abaissement en général D; il s'ensuit que $\frac{P.D}{n}$ = P.G g, ou D = n.G g; ensorte que si la partie variable est $\frac{1}{3}$ du chargement total, & si G g est 3 pieds $\frac{1}{3}$ comme dans la supposition de la figure 11, le centre du chargement variable doit être de 10 pieds plus bas dans le triangle que dans le parallélogramme; & pour qu'un tel abaissement pût avoir lieu, il faudroit que la densité du chargement fût double de celle de l'eau de mer à peu près.

La supposition de la densité du lest égale deux fois celle de l'eau de mer, est la plus forte qu'on puisse faire, car les pierres dont on se sert pour lest ne pesent que 125 à 130 livres, à cause de leurs irrégularités, & s'il entre des parties de fer, il se trouve à la hauteur du lest des endroits absolument vuides, d'autres qui, comme les porques, ont moins de densité que l'eau. Les conséquences que l'on peut tirer de ces théorêmes sont de la plus grande importance. On voit que *le lest seul diminue le désavantage que l'abaissement du centre de figure occasionne, & qu'ainsi s'il est permis de donner de la profondeur aux coupes qui portent le lest, comme tout ce qui se porte vers les extrémités n'a qu'une pesanteur spécifique très-foible, leur centre de figure doit être très-élevé; ce qui prouve l'utilité des façons, & donne*

l'exclusion à une figure proposée & exécutée sous le nom de l'expérience, ainsi qu'aux figures qui, ayant le tirant d'eau ordinaire, auroient leur coupe principale formée en trapeze, & les côtés des autres coupes paralleles à ceux de la coupe principale : c'est donc une confimation des figures reçues.

Lorsque nous parlons de l'élévation du centre de figure, c'est toujours la hauteur absolue ou relative à la flottaison qu'il faut entendre, & non pas la hauteur relative à la quille ; en effet, quand les coupes ne varient que par un acculement considérable, les résultats seroient très-différens par rapport à la quille ; cependant la stabilité du Navire ne seroit guere changée : aussi la position du centre de figure par rapport à la flottaison, resteroit à peu près la même.

25. Les mêmes principes serviront à résoudre une question très-utile : elle a lieu principalement pour les Vaisseaux à trois ponts. Auront-ils plus de stabilité si on les fait pour porter quatre ou cinq mois de vivres, que si on les fait pour en porter six à sept mois ?

On supposera que le Navire qui a six à sept mois de vivres, déplace 5000 tonneaux, & que par un retranchement de vivres il n'ait besoin que de 4750 tonneaux de déplacement, qui sera diminuée de $\frac{1}{20}$; que le tirant d'eau de 20 pieds diminue proportionnellement, la hauteur du metacentre au dessus du centre de la charge sera supposée de 3 pieds pour le Navire chargé, & au dessus du centre de la carene 10 pieds ; le metacentre de Vaisseau, fait pour moins de vivres, s'élevera de 6 pouces au dessus du centre de carene qui s'élevera aussi de 6 pouces. On suppose encore (*Figure 11.*) le Navire en parallépipede ABCD en étant une coupe, le metacentre s'élevant réellement d'un pied, le moment de la partie invariable du Vaisseau, supposée encore les $\frac{2}{3}$ du déplacement, sera 3333 à un pied, la stabilité pour le Navire chargé étoit 5000. 3 ou 15000; enfin nous supposerons toujours, que la densité de la partie variable du chargement est la moitié de celle de l'eau.

Elle occupera les $\frac{2}{3}$ de la calle du Vaisseau qui a beaucoup de vivres, ou 13 pieds $\frac{1}{3}$, & son centre sera à 13 $\frac{1}{3}$ au dessous de la flottaison ; quand ensuite le déplacement total se trouve

diminué de $\frac{1}{20}$, le tirant d'eau ſe réduit à 19 pieds, la charge qui occupoit $13\frac{1}{3}$ de hauteur, n'en occupera que $11\frac{1}{3}$: car ſi 250 tonneaux répondent à 1 pied de tirant d'eau, ils répondront à 2 pieds d'un chargement dont la denſité eſt la moitié de celle de l'eau; ainſi le centre du chargement variable reſtera à peu près à la même diſtance de la flottaiſon, & l'élevation du metacentre augmentera le bras de levier de cette partie. Il en réſulte que, dans le Navire qui n'a que 4750 tonneaux de déplacement, la ſtabilité ſera 4750 . 4 ou 19000; & cette quantité excede celle du Navire qui a 5000 tonneaux de déplacement des $\frac{4}{15}$.

La différence qui ſe trouve entre la forme des Vaiſſeaux & celle de parallélipipede, que la facilité du calcul a fait ſuppoſer, n'altere pas ſenſiblement le réſultat trouvé ci-deſſus : car la partie de la charge qui eſt dans la calle a toujours ſon centre à la même diſtance de la flottaiſon, loſqu'on fait un pareil changement dans le projet d'un Vaiſſeau, & qu'on rend le tirant d'eau proportionnel par un rapprochement d'ordonnées.

On doit donc obſerver de ne faire les Vaiſſeaux à trois ponts que pour cinq mois de vivres; on doit par la même raiſon éviter de leur donner des équipages nombreux au delà de toute proportion, & il ne ſera pas utile de leur donner un leſt conſidérable. Comme alors on ne ſera pas obligé de donner un déplacement ſi conſidérable, car la diminution de quelques poids ſe trouve toujours liée avec celle de la plupart des autres, on pourra les faire avec des dimenſions moins outrées.

La conſtruction des Prames, genre de Navire qui portoit une forte artillerie, peu de vivres & d'eau, enfin peu de capacité, eſt une preuve pratique de la vérité de ces principes.

26. M. Bouguer a propoſé (page 310 du Traité du Navire) de déterminer la moindre profondeur qu'on peut donner à la carene des Vaiſſeaux chargés par en haut, pour que leur centre de gravité ſoit au deſſous du metacentre. Malgré la généralité de ſa méthode, il conſidere principalement le cas où le leſt (& ſous ce nom de leſt il comprend tout ce qui eſt dans la calle) eſt d'une peſanteur ſpécifique égale à celle de l'eau de mer; c'eſt pour cette ſuppoſition qu'il donne une regle générale de

conſtruction. Sa ſolution ſe rapporte d'ailleurs aux Navires conſtruits en parallélipipedes rectangles. Une de ces ſuppoſitions étant défectueuſe, & l'autre ne pouvant avoir lieu dans la conſtruction, il eſt préférable de ſuivre les méthodes de calcul qui ont été données N° 23.

Le moyen le plus efficace de corriger un plan défectueux, n'eſt pas (comme on a vu ci-deſſus) une augmentation de creux, mais une augmentation de largeur; c'eſt ce que la pratique avoit reconnu par la méthode de *souffler*, c'eſt-à-dire, augmenter les largeurs de la flottaiſon des Navires qui manquoient de ſtabilité: car la ſtabilité augmente comme les cubes. On donnera ici les moyens de calculer, avec une exactitude ſuffiſante, ces changemens que le ſoufflage apporte à la ſtabilité. On ſait que quand l'augmentation d'une quantité eſt peu de choſe, celle du cube eſt comme le triple de l'augmentation eſt à la quantité primitive, à peu de choſe près; ce qui ſe déduit de ce que la premiere largeur étant a & ſon augmentation b, le cube de la premiere largeur eſt a^3, & celui de cette même largeur augmentée eſt $a^3 + 3a^2b + 3ab^2 + b^3$, où il ſuffit de conſidérer le deuxieme terme quand b eſt fort petit par rapport à a; mais on a une méthode encore plus exacte lorſque b eſt petit par rapport à a, les cubes de a & $a+b$ ſont à peu près comme $a-b$ eſt à $a+2b$; ainſi ſi la largeur principale de 40 pieds eſt augmentée de 1 pied, le rapport des cubes de 40 pieds & de 41 pieds eſt 39 à 42, ou celui de 13 à 14, à peu près.

Si la hauteur du metacentre, qui ſuit ce rapport, étoit 10 pieds 7 pouces au deſſus du centre de figure lorſque le Vaiſſeau avoit 40 pieds de large, il s'élevera de 9 pouces au deſſus du même point; & cette augmentation, qui n'eſt que $\frac{1}{13}$ quand les centres de la charge & de la carene ſont confondus, eſt dans un plus grand rapport, quand le metacentre eſt à 3 pieds au deſſus du centre de gravité, puiſque c'eſt celui de 3 pieds à 3.9 ou de plus d'un quart.

Rien n'eſt plus propre à montrer l'utilité des ſoufflages, ou d'augmenter les largeurs à la flottaiſon, & quelques virures au deſſus & au deſſous; c'eſt la ſeule choſe qui rétabliſſe efficacement & ſans inconvénient la ſtabilité. Comme il s'agit princi-

palement d'augmenter les cubes de la flottaison, c'est principalement sur les largeurs au milieu que doit être porté le soufflage : car l'augmentation des largeurs étant la même, l'augmentation des cubes est comme le quarré des largeurs principales. Pour donner une idée de la maniere de calculer l'effet du soufflage ; je supposerai que le metacentre élevé de 11 pieds au dessus du centre de figure, le soit seulement de deux pieds au dessus du centre de gravité, que la stabilité paroisse insuffisante & qu'on veuille l'augmenter de moitié, il faut élever le metacentre de 1 pied, ou le porter à 12 pieds au dessus du centre de figure, au lieu de 11 ; mais comme on a vu que les cubes suivent le rapport de $a-b$ à $a+2b$ lorsque les largeurs sont a & $a+b$, il suit que 11 représente $a-b$ & 12 représente $a+2b$; ainsi le rapport de a à $a+b$ est $11\frac{1}{3}$ à $11\frac{2}{3}$ ou 34 & 35 ; ainsi on élargira les flottaisons dans ce rapport.

I I.

27. La stabilité peut se rapporter à deux axes principaux : celui qui coupe le Vaisseau perpendiculairement à la quille, & celui qui le coupe dans le sens de la largeur. Nous avons principalement consideré la premiere espece de stabilité, qui est la latérale, parce que c'est la seule qui puisse être insuffisante, & qu'il est très-essentiel de ne rien donner au hazard pour cette qualité. Mais il est aussi à propos de considérer celle qui a lieu par rapport à l'axe de largeur, & qui s'oppose à l'enfoncement du Vaisseau sur l'avant, lorsqu'il est poussé par le vent.

Lorsque dans l'ellipse ABCD, (*Figure 13.*) on considere la stabilité latérale, elle est représentée par les $\frac{2}{3}$ du cube des ordonnées *pm*, *pm*. Suivant les mêmes principes, quand on la considere par rapport à l'axe de longueur, elle est égale aux $\frac{2}{3}$ du cube des ordonnées *ln*, *ln* ; ainsi la stabilité latérale est à celle qui a lieu pour s'opposer à l'inclinaison sur l'avant, comme le quarré du petit axe est au quarré du grand axe. Dans des ellipses qui auroient entre leurs axes le rapport de $3\frac{1}{4}$ à 1, qui est celui que l'on trouve entre la longueur & la largeur de plusieurs Vaisseaux, les stabilités, le Vaisseau supposé homogene ;

gene, & la hauteur du metacentre feroient comme 14 eſt à 1.

Il faut maintenant faire attention que le Vaiſſeau, dans le ſens de la longueur, ne pourroit ſoutenir une inclinaiſon du même nombre de degrés que dans celui de la largeur; car le même angle, qui répondroit à 4 pieds ſur le côté du Navire, répondroit à 15 pieds ſur l'avant, & cet enfoncement de 15 pieds ne pourroit avoir lieu : il ne faut donc conſidérer qu'une inclinaiſon du même nombre de pieds; en faiſant entrer cette conſidération eſſentielle, la ſtabilité étant proportionnelle à l'angle, ſera encore plus grande que la latérale dans le rapport ſimple des axes, ou comme $3\frac{3}{4}$ eſt à 1, ſuppoſant toujours les centres de la charge & de la carene réunis. Mais cette condition ne ſe trouve jamais remplie : le centre de la charge eſt ſouvent à $\frac{1}{3}$ de la diſtance du metacentre au centre de figure, à compter du metacentre, & dans ce cas la ſtabilité, dans le ſens de la longueur, eſt proportionnellement plus grande; car la hauteur du metacentre étant 14 fois plus grande, la même quantité qui eſt égale aux $\frac{2}{3}$ de la diſtance du centre de figure au metacentre ordinaire, n'eſt que $\frac{1}{21}$ de la diſtance du même centre de figure au metacentre de longueur. Suppoſant que le Vaiſſeau homogene fût incliné d'un pied, lorſque le centre de la charge eſt au tiers de la diſtance du metacentre ordinaire au centre de figure, ſon inclinaiſon latérale ſera 3 pieds; mais elle ne ſera ſur l'avant que de 12 pouces $\frac{4}{21}.\frac{20}{21}$ ou de 3 pouces $\frac{1}{3}$; en général l'inclinaiſon, dans le ſens d'un axe, eſt en raiſon inverſe de la longueur de cet axe & de la diſtance du metacentre au centre de figure, & en raiſon directe de la diſtance du metacentre au centre de la charge.

28. Cette ſtabilité dans le ſens de la longueur étant toujours ſuffiſante, on peut en négliger le calcul; on ſe contentera de tirer des connoiſſances ci-deſſus un moyen facile pour reconnoître quels poids ſont néceſſaires pour changer la différence de tirant d'eau d'une quantité donnée.

On a vu que quand les centres de gravité & de figure ſont dans le même point, le moment du poids qui eſt néceſſaire pour incliner le Navire d'une quantité donnée, eſt égal à ceux des parties qui entrent dans l'eau & en ſortent, & que ſi le centre de la charge eſt plus haut ou plus bas que celui de la carene, il

faut diminuer ou augmenter ce moment dans le rapport direct de la distance du metacentre au centre de la charge, & inverse de la distance du metacentre au centre de figure. La grande hauteur du metacentre de longueur fait que, relativement à ce point, on peut supposer les centres de figure & de la charge confondus sans erreur sensible : car elle n'est que d'environ $\frac{1}{10}$, dont les momens paroîtront plus considérables qu'ils ne le sont effectivement; il suffit donc de mesurer les momens des parties qui entrent dans l'eau vers une extrêmité, & en sortent vers l'extrêmité opposée.

Pour cela on prendra le milieu pour terme, on multipliera les largeurs du maître couple par $\frac{1}{18}$, les largeurs des premiers couples de l'avant & de l'arriere par 1, celles des deuxiemes couples par 4, des troisiemes couples par 9, des quatriemes par 16, des cinquiemes par 25, des sixiemes par 6, des septiemes par 49; enfin on prend le quart de la somme des largeurs des septiemes couples & des extrêmités qu'on multiplie par le quarré de 7 $\frac{1}{4}$, ou par 60; on en fait une somme que l'on double, parce que les plans n'offrent que des demi-largeurs; cette quantité étant multipliée par la distance des couples, & par la quantité dont un couple s'éleve ou s'enfonce plus dans l'eau, que le précédent, pour la différence de tirant d'eau donnée; on a les momens réduits en pieds cubes, & par conséquent en tonneaux pieds, dont la transposition change la différence de tirant d'eau de la quantité donnée.

On donnera une courte explication de ce calcul. Chaque couple, à compter du centre de gravité ou du milieu, s'éleve hors de l'eau ou s'y enfonce plus que le précédent. Si, par exemple, le premier couple enfonce d'un pouce, le deuxieme enfoncera de deux & ainsi des autres, ainsi à chaque couple la hauteur du volume déplacé devient plus considérable à proportion de ce qu'il est plus vers l'extrêmité; de plus, la résistance est encore proportionnelle à la distance du centre de gravité ou du milieu; (car ici on peut prendre indistinctement l'un ou l'autre, ou même le maître couple pour terme) & cette distance suit le rapport de l'augmentation de tirant d'eau, laquelle doit par conséquent être prise deux fois; 1° parce qu'elle

augmente le volume d'eau déplacée; 2° parce qu'elle eſt proportionnelle au bras de levier.

Dans la formule de calcul, on a ſuppoſé le Navire partagé en 16 diſtances; s'il y en avoit plus ou moins, s'il y en avoit, par exemple, ſeulement 12, ſavoir ſix de l'avant & ſix de l'arriere, ce qui formeroit 5 couples intermédiaires, on finiroit par prendre le quart des largeurs des cinquiemes couples & des extrêmités, que l'on multiplieroit par le quarré de $5\frac{1}{2}$, ou par 33.

Les limites du changement du tirant d'eau étant peu étendues, la ligne de flottaiſon ne varie pas ſenſiblement, d'autant que ſi elle augmente ou diminue vers l'avant, elle diminue au contraire ou augmente vers l'arriere.

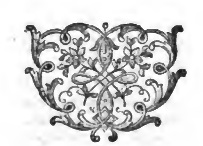
Comme dans le calcul on ſuppoſe les centres de gravité & de figure confondus, les momens trouvés peuvent être trop forts d'une vingtieme partie; mais cette erreur peut ſe négliger, ou être corrigée en retranchant le vingtieme de la ſomme de ces momens, quelque ſoit la poſition du centre de la charge. La connoiſſance que l'on a des Navires de guerre, peut faire aſſurer que l'erreur ſera ſouvent annullée, ou au moins diminuée de moitié, ce qui la rendra inſenſible.

29. Il vaut mieux trouver par le calcul, les momens qui changent la différence de tirant d'eau, que par l'expérience, que la difficulté de meſurer le tirant d'eau & les poids rendroit ſouvent défectueuſe.

Il n'en eſt pas de même de la ſtabilité latérale. On pourroit, à la vérité, prendre le moment des parties du Vaiſſeau par rapport à un point quelconque, qui ſerviroit de point d'appui; on prendroit en même temps ceux des parties du même genre; ainſi on calculeroit les momens des couples, des beaux, des bordages des ponts, des bordages extérieurs, de l'artillerie, du leſt, des vivres, agrêts, mâture, &c. & on diviſeroit cette ſomme des momens ſuivant la regle générale (N° 13.) par la ſomme des poids. On auroit la poſition du centre de la charge, & le calcul donneroit celle du metacentre. C'eſt une opération dont on voit un exemple dans le Traité du Navire, & que M. de Borda a faite pour le Vaiſſeau l'*Artéſien;* mais c'eſt un calcul très-long, & une expérience très-ſimple propoſée &

ſuivie par ces mêmes Savans, y ſupplée avec avantage. Si l'on met toute l'artillerie d'un bord du Vaiſſeau aux ſabords, & celle de l'autre bord en dedans, on a un poids conſidérable qu'on connoît avec exactitude, ainſi que la différence des momens d'un bord à l'autre; il n'y a plus qu'à meſurer l'inclinaiſon produite par cette diſpoſition de l'artillerie, & la différence des momens repréſente la ſtabilité pour cette inclinaiſon. On la réduit au ſinus total par l'analogie (du N° 18.), le ſinus de l'inclinaiſon eſt au ſinus total, ou l'inclinaiſon meſurée eſt à la demi-largeur comme la différence des momens où la ſtabilité, pour l'inclinaiſon, eſt à la ſtabilité réduite au ſinus total, qui (N° 19.) eſt égale au déplacement multiplié par la diſtance du metacentre au centre de la charge.

Le fondement de la théorie de la ſtabilité étant ce principe inconteſtable, que la force des corps eſt proportionnelle à leur poids & à leur diſtance au point d'appui, on doit regarder cette partie eſſentielle de la théorie des Vaiſſeaux, ainſi que celle qui a rapport aux déplacemens, comme inconteſtable.



CHAPITRE V.

Du Roulis & du Tangage.

I.

30. UN Vaiſſeau ayant été déplacé de ſa ſituation naturelle par quelque cauſe que ce ſoit, ſi cette cauſe vient à ceſſer, il ſera forcé par la ſtabilité d'y revenir par un mouvement accéléré; il paſſera même au delà de ſa ſituation naturelle ou d'équilibre, & aura une inclinaiſon qui croîtra en ſens contraire juſqu'à ce qu'elle ſoit égale à la premiere, & que ſon mouvement ſoit éteint; rappellé de cette nouvelle poſition, il repaſſera encore au delà de ſon état d'équilibre, & reviendra à ſa premiere ſituation de même qu'un pendule qui fait ſes oſcillations. Ce mouvement ſera régulier, & les inclinaiſons d'un côté ſeront égales à celles de l'autre, faiſant abſtraction de la réſiſtance de l'eau.

Le pendule, dont les oſcillations ſe feroient dans un temps égal à la durée des balancemens du Vaiſſeau, ſe nomme *Synchroſne*. Des expériences très-préciſes, indépendamment de la théorie, ont montré que les pendules, dont la longueur eſt de 36 pouces $\frac{2}{3}$, font leurs oſcillations en une ſeconde, & que les temps ſont en raiſon ſoudoublée de leurs longueurs; enſorte que les oſcillations d'un pendule, qui auroit 27 pieds 6 pouces de long, ont une durée de 3 ſecondes. Il n'eſt pas ici queſtion de légeres différences de longueur que les pendules doivent avoir dans les diverſes latitudes, pour meſurer exactement les mêmes intervalles de temps.

31. Pour connoître la longueur du pendule ſynchroſne à un Vaiſſeau, ou dont les oſcillations ſont de la même durée, nous avons beſoin de quelques recherches préliminaires. La premiere eſt celle du point ſur lequel le Vaiſſeau tourne dans les roulis. Tout le monde voit que les parties inférieures ont un mouvement dans un ſens, & que les inférieures l'ont dans un ſens

opposé. Mais quel est le point qui est sans mouvement, qui sépare les parties inférieures & supérieures ? C'est ce qu'on reconnoîtra avec facilité après quelques réflexions. On voit que les oscillations se succedent; cette observation seule montre la nécessité absolue de l'égalité du mouvement des parties supérieures & inférieures, à peu près de même que les oscillations d'une balance montrent l'égalité des momens des poids qui sont dans les bassins. Si, en effet, le moment des parties supérieures étoit plus considérable, les parties inférieures seroient entraînées, & il ne pourroit y avoir d'oscillation. Les quantités de mouvement des parties supérieures & inférieures, par rapport au point sur lequel le Vaisseau tourne, devant être égales, il faut que ce point soit le centre de gravité, puisque l'on a vu (N° 12.) que les momens de part & d'autre du centre de gravité sont égaux.

Une autre réflexion confirmera cette détermination. Le centre de roulis doit n'avoir aucun mouvement, & dans un Vaisseau sans mouvement progressif, le centre de gravité doit être immobile, puisque le mouvement de ce point représente celui du Vaisseau entier : il faut donc que ces points soient les mêmes; si cela n'étoit pas le centre de gravité, & par conséquent le Vaisseau entier auroit un mouvement progressif naissant de la premiere oscillation, ou il faudroit que la deuxieme oscillation, qui devroit détruire le mouvement acquis, & remettre de plus le Vaisseau dans sa premiere place, eût une force double; ce qui est également impossible.

La deuxieme observation est que les corps résistent au mouvement en raison de leur masse, de leur distance au point d'appui & de la grandeur de l'arc qui est décrit, lequel est proportionnel à cette distance. Un corps, deux ou trois fois plus éloigné, résistera quatre ou neuf fois davantage; cette résistance au mouvement, ou plutôt à changer d'état, car elle est la même pour perdre le mouvement acquis, est nommée *force d'inertie* : elle a été reconnue par Kepler ; tous les Physiciens l'admettent, & l'Horlogerie principalement confirme ce principe par des expériences journalieres. (Voyez l'Essai sur l'Horlogerie & le Traité des Horloges Marines de M. Ferdinand Berthoud.)

Les momens d'inertie se rapportent aux trois axes qui passent par le centre de la charge du Vaisseau, selon les divers mouvemens que l'on examine. Si on considere les mouvemens de conversion, comme ils se font autour de l'axe vertical, qui passe par le centre de la charge, c'est à cet axe qu'on rapporte alors les momens d'inertie; si on examine le roulis, on le rapporte à l'axe horizontal situé dans le sens de la longueur; & si c'est le tangage, l'axe horizontal, situé dans le sens de la largeur, est alors pris pour point d'appui.

32. Le moment d'inertie représente la difficulté que le Navire éprouve à prendre du mouvement. Lors donc qu'il a été déplacé de sa situation naturelle, celui qui a un plus grand moment d'inertie y sera rétabli avec plus de lenteur; & diverses expériences ont montré que les quarrés du temps des oscillations, ou les longueurs des pendules qui (N° 30.) y sont proportionnelles, sont comme les momens d'inertie. Il faut, d'un autre côté, faire attention que le Vaisseau aura d'autant plus de facilité à reprendre sa situation naturelle, qu'il y sera ramené avec plus de force, ou qu'il aura plus de stabilité; ainsi la difficulté qu'éprouve le Navire, est en raison directe du moment d'inertie total & inverse de la stabilité; & par conséquent la longueur du pendule synchrosne aux oscillations, qui répond au quarré de leur durée, suit les mêmes raisons.

On tirera de ces principes la regle générale suivante: *On multipliera la pesanteur de toutes les parties du Vaisseau par le quarré de leur distance à l'axe, qui sert de point d'appui, & divisant la somme de ces produits par la pesanteur totale du Vaisseau, & par la distance du centre de la charge au metacentre, ou à la longueur du pendule synchrosne.*

De ces regles on conclura que le Navire étant donné, celui qui a peu de vivres & d'artillerie, & où ces poids sont remplacés par le lest, aura les mouvemens de roulis plus prompts; que pareillement plus les poids sont rapprochés de l'axe longitudinal, qui passe par le centre de la charge, plus le roulis aura de vivacité. C'est une confirmation de la regle connue d'arrimage, de rapprocher les parties les moins denses du plan de la quille, & en éloigner les plus denses lorsque l'on veut diminuer

la vivacité du roulis. Les regles de la ſtabilité étant les plus importantes, on eſt obligé de mettre les poids les plus denſes dans la partie inférieure, & en général tous les poids le plus bas qu'il eſt poſſible : leur tranſpoſition ne peut donc avoir que très-rarement lieu dans le ſens de la hauteur, elle ne peut être que latérale.

Il eſt eſſentiel de remarquer que l'augmentation de momens dans le ſens latéral, eſt la même lorſqu'on les rapporte à l'axe vertical ; & il eſt toujours vrai de dire, que *la tranſpoſition latérale des poids, en rendant le roulis plus lent, rend auſſi les mouvemens de converſion plus lents.* A la vérité, comme la ſomme totale des momens d'inertie, rapportés à l'axe vertical, eſt plus conſidérable que celle des momens par rapport à l'axe longitudinal, cette augmentation, quoique la même, en eſt une moindre partie proportionnelle.

Il ne faut pas même penſer que la ſeule tranſpoſition poſſible, qui eſt celle du leſt de fer, faſſe un grand changement dans la durée des roulis. Comme on peut déduire de ce que la longueur du pendule ſynchroſne eſt en raiſon directe du moment d'inertie & inverſe de la ſtabilité, que connoiſſant deux de ces choſes, on connoît la troiſieme, il s'enſuit que lorſqu'on connoit la ſtabilité du Navire, ce que l'on a enſeigné (N° 29.) à déterminer par l'expérience, il n'y a plus qu'à rechercher la longueur du pendule ſynchroſne, ou la durée des balancemens du roulis qui donnent cette longueur (voyez N° 30). En multipliant la ſtabilité du Vaiſſeau par la longueur de ce pendule, on a les momens d'inertie du Vaiſſeau, à peu près ; c'eſt ainſi que j'ai trouvé que pour *la Malicieuſe*, Frégate de 32 canons, ils étoient, lorſque je l'ai commandée, d'environ 150.000 tonneaux pieds. Pour rendre les roulis plus lents de $\frac{1}{50}$ ſans toucher à la ſtabilité, il faudroit que les momens d'inertie augmentaſſent dans le rapport, de (50^2 à 51^2) ou de $\frac{1}{25}$: il faudroit donc une augmentation de 6.000 tonneaux pieds, ou tranſporter 60 tonneaux à 10 pieds ; ce qui ſeroit impoſſible, car preſque tout a ſa poſition déterminée ; ainſi les poids en leſt & vivres, qui ſont la ſeule partie variable du chargement d'un Vaiſſeau, étant donnés, toutes les fois que l'on arrimera à peu près ſuivant

les

les regles de la ſtabilité, la promptitude des roulis pourra être regardée comme donnée.

32. Il eſt utile de jetter un coup d'œil ſur ce qui arriveroit dans deux Navires ſemblables & ſemblablement chargés. Le nombre des parties, lequel eſt proportionnel à la ſurface des coupes, ſuivra le rapport du quarré des largeurs; de plus, le centre moyen ſe trouve éloigné de l'axe dans la même raiſon; le moment d'inertie, lequel eſt compoſé du nombre de parties, multiplié par le quarré de leurs diſtances, eſt donc comme le quarré quarré des largeurs; mais la ſtabilité n'éprouve qu'un changement proportionnel au cube; la longueur du pendule ſynchroſne, qui eſt égal au moment d'inertie diviſé par la ſtabilité, changera donc comme les largeurs, & par conſéquent la durée des oſcillations en ſuivra la raiſon ſousdoublée.

Mais comme les Navires ſemblables, & d'une largeur très-différente, ne peuvent être ſemblablement chargés, on peut croire que cette loi, que le temps des oſcillations eſt en raiſon ſousdoublée des largeurs, n'eſt pas applicable à l'état préſent de la conſtruction. En général les Navires marchands ſeuls peuvent être regardés comme ſemblables, pour le déplacement, aux Navires de guerre; mais le moment d'inertie du chargement des Navires marchands, eſt moindre que celui des Navires de guerre, & la ſtabilité eſt en général plus foible lorſqu'ils ſont chargés en marchandiſes; ce qui forme une compenſation auſſi exacte, que la variabilité des chargemens des Vaiſſeaux de guerre & des Bâtimens marchands, dans leurs diverſes campagnes, peut le permettre. Il en eſt de même des Frégates comparées aux Navires de guerre; enſorte que, malgré la différence de conſtruction de ces Bâtimens, les durées des balancemens du roulis ſont à peu près comme les racines des largeurs.

Toute cette théorie qui juſqu'ici eſt la même dans cet Ouvrage & dans ceux de MM. Bouguer, Euler, l'Abbé le Boſſut, &c., eſt fondée ſur deux ſuppoſitions : la premiere, que la réſiſtance de l'eau eſt petite & peut ſe négliger; mais cette ſuppoſition n'altere pas eſſentiellement la théorie : elle rend ſeulement la partie ſubſéquente d'une oſcillation, ſoit l'aſcenſion, ſoit la deſcenſion, moindre que la précédente; la

seconde, c'est que le roulis tire son origine d'une cause étrangere qui cesse absolument, & que ce n'est qu'une continuation de l'effet de cette premiere cause.

II.

33. Ayant déja traité du roulis, en tant qu'il est produit par les agitations de la mer, dans un Mémoire particulier, je ferai entrer ici ces considérations physiques. M. Euler, dans son dernier Ouvrage, intitulé, *Théorie complette de la construction & de la manœuvre des Vaisseaux*, semble les avoir reconnues, car il dit : « les élévations & abaissemens successifs des lames, » seroient capables de produire un balancement dans le Vaisseau, quand il n'auroit pas été incliné par une autre force. »

Voici ce qu'il ajoute : « Pour déterminer les mouvemens qui » sont imprimés alors au Vaisseau, la théorie nous abandonne » entiérement, vu que nous ignorons absolument les loix selon » lesquelles une eau agitée pousse les corps qui y nagent ; que » d'un autre côté, la formule trouvée ci-dessus pour la stabilité » ne sauroit plus avoir lieu pour la même raison, & la longueur » du pendule synchrosne devient absolument fausse ; aussi l'expérience nous a donné à connoître que les forces qu'une mer » troublée par les vagues exerce sur le Vaisseau, sont tout-à-fait » différentes de celles qu'on observe dans une mer calme ; on a » même remarqué que lorsqu'un Vaisseau est porté en haut par » les vagues, il y monte par un mouvement accéléré, & il » retombe en bas par un mouvement retardé ; ce qui paroît » directement opposé aux principes qu'on se forme communément sur l'action des eaux. »

34. Il est d'autant plus essentiel de discuter les loix que suit la mer agitée, que, selon M. Euler, il n'y auroit aucune théorie réelle de la construction, puisque même celle de la stabilité seroit incertaine ; ainsi on rapportera ici les principes généraux de la théorie des fluides ; on fera voir qu'ils ont lieu dans la mer agitée. Ce que je dirai peut être regardé comme incontestable ; j'ai donné une attention particuliere à cette partie, & les événemens de la mer, un démâtement total entr'autres, m'ont donné lieu d'en vérifier diverses circonstances.

Le premier principe eſt qu'un corps quelconque dans un fluide agité ou non, occupe un déplacement égal à ſon poids.

Le ſecond eſt que la ligne qui joint les centres de gravité & de figure, eſt toujours perpendiculaire à la ſurface du fluide, dans le lieu où eſt ce corps, ſoit que la ſurface ſoit horizontale, ou inclinée. Lorſque cette ſurface eſt horizontale comme dans les mers calmes, qui n'en eſt qu'un cas particulier, cette perpendiculaire eſt une ligne verticale. On reconnoît la vérité de ces principes, quand on voit des débris d'une groſſe mer.

3° Si quelque cauſe étrangere occaſionne un tel mouvement au corps flottant, que la ligne qui joint les centres de gravité & de figure, ceſſe d'être perpendiculaire à la ſurface du fluide, il tendra à revenir à cette ſituation par un mouvement d'oſcillation.

Dans cette théorie générale, il s'agit du fond des vagues, qui en eſt l'eſſentiel; comme elles ſont aprés des coups de vent, lorſque le calme ſurvient, car alors elles ont une forme très-réguliere. Celles que nous nommerons *accidentelles*, qui ſe joignent à celles-ci dans les coups de vent, en altérent à la vérité la figure. Ce ſont ces dernieres qui ſe développent & forment des briſemens ſur la ſurface de la lame : elles ne peuvent être conſidérées ici.

35. De cette théorie des vagues il réſulte que ſi leur poſition étoit conſtante, la poſition du Vaiſſeau reſteroit conſtante, & ce qui, dans la ſituation naturelle, eſt la ligne de flottaiſon, le ſeroit dans toutes les ſituations par rapport à la vague; mais elle s'éleve ou s'abaiſſe ſucceſſivement, ce qui rend à la vérité ce réſultat impoſſible à démontrer par l'expérience, mais ne doit pas nous empêcher de nous y arrêter, pour avoir une idée nette des roulis & tangages.

Si les vagues étoient immobiles & n'avoient que les mouvemens ſucceſſifs d'élévation & d'abaiſſement, le Vaiſſeau reſtant dans la même place ſeroit ſoumis aux mêmes inclinaiſons ſucceſſives, que s'il en parcouroit l'étendue, les vagues n'ayant aucun mouvement d'élévation & d'abaiſſement, pourvu que le temps fût le même. Nous préférons de conſidérer le Vaiſſeau dans les différens points de la vague, parce que la figure eſt

plus développée; au reste, il est évident que rien n'est altéré par cette maniere de représenter ces positions du Vaisseau & de la vague.

Le Vaisseau qui (*Figure 14.*) auroit en 1, pour perpendiculaire à la flottaison, la ligne MO; arrivé en 2, aura pour perpendiculaire une ligne NO inclinée en sens contraire.

Ce mouvement n'est pas un roulis à la vérité dans le sens considéré dans toutes les théories, mais relativement à l'effet & aux risques de la mâture, c'est la même chose; & si par hasard le pendule synchrosne aux oscillations du Vaisseau, l'est aussi à celles des vagues, les oscillations seront les plus simples de toutes. Je répete ici qu'il s'agit de la vague principale. Cette assertion de l'avantage de l'égalité de temps des oscillations du Vaisseau & des vagues, est précisément opposée à l'opinion de M. Euler (même Traité de la construction & manœuvres des Vaisseaux.) Voici une expérience connue qui servira à décider entre les deux opinions.

Quand on démâte de tous mâts dans une grosse mer, l'oscillation propre du Vaisseau est d'une bien moindre durée que celle des vagues, & cependant les roulis sont alors non-seulement d'une très-grande vivacité, mais d'une très-grande étendue.

Comme la premiere idée qui se présente est que la grande amplititude des roulis d'un Vaisseau démâté vient de ce que, dans cet état, il n'éprouve presqu'aucune résistance de l'air; je l'ai calculée pour *la Malicieuse*, Frégate de 32 canons; si on la considere *à sec*, c'est-à-dire, les voiles exactement serrées, la surface des mâtures & manœuvres est environ 800 pieds; on peut négliger la surface des hauts de la Frégate, l'oscillation a environ $4'' \frac{1}{2}$ de durée, arc ou éloignement de la verticale $39^d \frac{1}{2}$ environ, quand le platbord vient à l'eau dans le roulis. Vîtesse supposée uniforme pour la mâture 16 pieds par seconde, la résistance calculée sur ces données ne feroit pas un $\frac{1}{205}$ de diminution dans l'amplitude du roulis.

Nota. Pour mesurer l'angle du roulis je me suis servi de deux méthodes : la premiere, c'est de considérer, par exemple, les divers points des haubans, qui vus d'un point fixe, corref-

pondent à la vue de l'horizon ; la seconde a été de voir jusqu'où le Navire enfonce dans l'eau dans ses roulis ; mais cette derniere méthode exige les calculs du Vaisseau incliné. Il m'a paru qu'en général les fils à plomb, à cause de leurs mouvemens d'oscillation propre, donnent des angles apparens ou écarts de la verticale plus grands que les véritables ; cependant ils sont préférables quand on veut connoître le mouvement d'un corps qui n'est pas totalement dépendant de celui du Navire.

En cherchant le même effet, quand on a toutes voiles dehors, on trouve une quantité quinze fois plus grande ; ce qui est peu considérable : d'ailleurs les temps, qui demandent la plus grande attention, ne permettent de porter que peu de voiles, & encore ce sont les plus basses ; ainsi la premiere détermination est la plus exacte, & on peut dire qu'en aucun cas la résistance de l'air n'est sensible.

36. Quand la durée des oscillations des vagues & du roulis est très-différente, il en résulte une grande irrégularité & violence dans les mouvemens du Vaisseau. Supposons, pour le faire comprendre, le Vaisseau en o, (*Figure 15.*) & que sa flottaison naturelle soit parallele à la surface du fluide au point o, dès qu'il se soustrait, il en résulte un mouvement d'oscillation pour le Vaisseau, qu'il faut composer avec celui de la vague. Si les oscillations du Navire étoient quatre fois plus promptes que celles des vagues pendant qu'il parcourt la demi-courbe o. 2. 4. il y aura quatre oscillations du roulis proprement dit ; quand le Vaisseau sera sur la lame en 1, ce qui ne devroit changer l'angle avec la verticale que de la quantité o. C. 1, l'oscillation particuliere du Vaisseau fera que cet angle changera d'une quantité double. Il reviendra ensuite par son mouvement de roulis dans un sens opposé au mouvement que donneroit la vague, ensorte que l'angle avec la verticale sera à peu près le même jusqu'à ce que le Vaisseau soit sur la vague en 2 ; ce sera la même chose de 2 en 3 & de 3 en 4. Cet exemple suffit pour montrer comment les oscillations du Vaisseau doivent se composer ; quoique l'on puisse observer qu'aucun Bâtiment n'a une telle promptitude de roulis par rapport à celle de la vague ; cependant on a pu supposer ce rapport tel qu'on

a voulu, & on a préféré un multiple pour donner une idée plus simple de cette composition. On voit que le défaut de synchronisme rend le roulis plus fatiguant, par les inégalités d'accélération. En comprenant de même les mouvemens de roulis, pour divers rapports des oscillations des vagues & du Vaisseau, on trouvera que les oscillations des Vaisseaux, quand elles sont les $\frac{1}{3}$ ou $\frac{1}{4}$ de celles de la vague, sont très-fatiguantes pour la mâture, & donnent des roulis d'une très-grande amplitude.

37. Comme on s'est proposé dans ce Traité de tirer des conséquences utiles, on examinera principalement ce que demandent les grosses mers; car on ne peut rendre les oscillations plus lentes ou plus promptes selon le changement des vagues.

Si le Vaisseau occupoit une espace insensible dans la vague; les plus foibles, dans le cas du synchronisme, donneroient la même inclinaison que les plus fortes; & cette inclinaison iroit jusqu'à 45^d environ, mais le Vaisseau y occupe une espace sensible; les vagues de 32 pieds de hauteur ont environ 150 pieds d'étendue, celles de 20 en ont 112: la moitié de ces dernieres est 56; un Vaisseau qui occuperoit une moitié de la vague, n'auroit guere que 22 pieds $\frac{1}{2}$ d'inclinaison ou fort peu plus; les Frégates même y sont sensiblement étendues. Des vagues de 24 pieds de haut ont près de $4'' \frac{1}{3}$ de durée, & les oscillations des autres vagues sont comme les racines des hauteurs.

Comme les vagues de 24 pieds ne sont pas extrêmement rares, il faut donc que les oscillations des Vaisseaux, pour se bien comporter, aient environ $5''$; les Frégates peuvent avoir des roulis un peu plus prompts, parce que les vagues de 18 pieds les agitant comme celles de 24 pieds agitent les Vaisseaux, & étant plus communes, il est bon d'y avoir égard.

On doit éviter, avec le plus grand soin, de rendre les roulis beaucoup plus prompts qu'ils ne le sont dans l'état présent de la construction, & il est à propos d'examiner l'effet de la rentrée; quoique l'on ait négligé jusqu'ici de considérer les hauts des Navires, on ne peut s'empêcher de reconnoitre que, dans les grands roulis, ils doivent contribuer à leurs qualités. Tout le monde dit qu'elle rapproche les poids du centre; cela est

vrai ; mais quel eſt l'effet de cette diſpoſition conſidérée ſeule ? Le moment d'inertie ſeroit diminué d'une quantité inſenſible, & par conſéquent le roulis deviendroit un tant ſoit peu plus prompt. Les poids rapprochés du centre ne ſont pas non plus un avantage pour la ſtabilité ; tout ce que l'on pourroit dire, c'eſt que l'artillerie fatigue un peu moins les beaux ; que cela procure une très-foible diminution de poids.

J'ai calculé que, dans *la Malicieuſe*, le moment d'inertie n'eſt pas augmenté de $\frac{1}{60}$, ce qui ne feroit pas $\frac{1}{120}$ de diminution ſur la durée du roulis. Cette différence eſt inſenſible.

38. On remarquera qu'il n'eſt pas néceſſaire de connoître le lieu du centre de la charge, pour avoir le changement des momens d'inertie cauſé par la tranſpoſition latérale des poids : car (*Fig. 16.*) ſoit que ce centre ſoit en C, ou en G ou en Q, le changement du moment d'inertie, quand le poids eſt tranſpoſé de R en B, eſt toujours $P(BC^2 - RC^2)$. Si le centre eſt en C, il eſt évident que dans la premiere poſition qu'occupe le poids P, ſon moment d'inertie eſt $P(RC^2)$, & dans le cas de la deuxieme il eſt $P(BC^2)$; ſi le centre eſt en G, le moment d'inertie du poids P, dans la premiere poſition, eſt $P(GA^2 + RC)$, & dans la deuxieme il eſt $P(GA + BC)$, & la différence eſt toujours la même, c'eſt-à-dire $P(BC^2 - RC^2)$.

Mais ce changement de moment n'eſt pas la ſeule choſe à conſidérer. La ſuppreſſion totale de la rentrée augmenteroit de $\frac{1}{10}$, les largeurs à la flottaiſon quand le vibord eſt à l'eau, & qu'on ſuppoſe de plus les fonds donnés ; ainſi le metacentre, pour cette ſuppoſition, s'éleve au deſſus du centre de figure dans le rapport du cube de 10 à celui de 11, ou comme 3 : 4 ſans compter que le centre de figure lui-même s'éleve ; ainſi le metacentre, qui pour de certaines Frégates eſt élevé de 9 pieds 6 pouces au deſſus du centre de figure & d'environ 3 pieds 2 pouces au deſſus du centre de la charge, ſera élevé de 12 pieds 8 pouces au deſſus du premier centre, & de 6 pieds 4 pouces au deſſus du deuxieme, ſans compter l'élévation particuliere du centre de figure inclinée. Ainſi la longueur du pendule qui meſure les oſcillations, lequel eſt en raiſon inverſe de la ſtabilité ou de cette diſtance, (N° 32.) eſt moindre de

moitié, & par conséquent les roulis sont plus vifs dans le rapport de $\sqrt{1}$ à $\sqrt{2}$ ou de 5 à 7.

A la vérité, ce pendule synchrosne varie avec la distance du metacentre au centre de la charge; mais en raison réciproque, la plus petite longueur est lors de la plus forte inclinaison, & la plus grande a lieu quand le Navire est dans son état naturel. On voit que les oscillations se font par un mouvement accéléré; ensorte qu'il parcourt le milieu de l'arc de son amplitude avec une grande vitesse; ainsi les diverses circonstances de l'état du Vaisseau ont fort peu de temps pour agir, & c'est principalement l'état du Vaisseau, dans le commencement de son oscillation, qui en fixe la vivacité.

On a cru cependant devoir chercher la différence, que la variation de hauteur du metacentre, dont l'augmentation a été supposée proportionnelle à l'angle du roulis ou à l'écart de la verticale, y apporte. Supposant de plus que, dans la plus forte inclinaison, cette augmentation est égale à la premiere hauteur; on a trouvé la différence insensible. Ainsi les roulis d'une Frégate dureroient une seconde de moins; ce qui fatigueroit extrêmement la mâture. Comme la solution exacte de ce problême tient à la théorie des pendules dont elle est un cas perticulier, on se contentera de ces raisonnemens généraux (1).

39. On en tirera des conséquences qui méritent la plus grande attention. *Un Vaisseau qui a une stabilite considérable par la forme de ses fonds, ou par la diminution des poids supérieurs, doit avoir plus de rentrée pour ne pas fatiguer sa mâture.* Mais comme il est vrai que, d'un autre côté, la rentrée est très-

(1) Dans les petits arcs décrits par les pendules, il est démontré qu'un poids décrit la quinzieme partie de son amplitude dans $\frac{1}{6}$ du temps de l'oscillation; la septieme partie de l'amplitude totale ou les $\frac{2}{7}$ de la demi-amplitude dans un quart de la durée; la moitié de la demi-amplitude dans le tiers de la durée, & en général si on a (*Fig. 17.*) un pendule fixe en M, & qui oscille dans l'arc AEDEC, tirant la droite AC qui coupe le diametre ID en H; si on partage la ligne HD en 2 au point K, de ce point décrivant le cercle HGDG; le temps que le corps emploie à descendre de A en E, est à l'oscillation totale, comme l'arc HG, compris entre les lignes AC & EE, est à la circonférence du cercle. On voit par là combien peu de temps le poids reste dans les parties inférieures, les seules où l'augmentation de longueur du pendule soit sensible, & qu'ainsi on peut les négliger.

désavantageuse

désavantageuse pour la tenue des mâts, il ne faut pas négliger de se soustraire à la nécessité d'en avoir une considérable.

Ainsi il ne faut pas trop diminuer la bricolle, & c'est une regle de construction par rapport aux qualités des Navires de guerre. *On doit donc leur donner une artillerie suffisante :* car cette bricolle diminuant la stabilité, il faut y suppléer par la diminution & la tournure de la rentrée, alors les mâts seront mieux appuyés, & on ne perdra pas inutilement la force des Navires; ce qui fait que (*dans la Figure 18.*) je préfere la tournure de l'allonge de l'unicorne à celle de la sirene.

Les Constructeurs, & en particulier le célebre Olivier, ont reconnu la nécessité en diminuant les poids supérieurs, de changer la forme des hauts, augmenter l'inclinaison de l'allonge. Ces raisons justifient en partie la rentrée exorbitante du *Chameau;* mais il eût mieux valu ne pas se mettre dans le cas qu'une rentrée si considérable fût nécessaire.

A plus forte raison *les Navires ne doivent pas sortir en dehors au maître gabarit :* car si leur stabilité est suffisante pour les petites inclinaisons, leurs roulis seront trop vifs.

Les petits Navires qui seroient faits pour naviguer le long des côtes où la mer est belle; mais les risées fréquentes doivent avoir moins de rentrée, que s'ils vont souvent dans les grosses mers.

40. On a pu remarquer que, dans cette théorie, la grandeur du roulis dépend de l'espace que le Vaisseau occupe par sa largeur dans la vague, & du rapport de leurs oscillations. Dans la théorie ordinaire où le roulis est considéré sans ce rapport, plus le roulis a de vivacité, moins il a d'étendue, & il en résulteroit que les roulis les plus vifs ne seroient pas les plus dangereux pour la mâture; car la totalité des arcs décrits par la mâture, en temps égaux, seroit la même; & plus le roulis seroit vif, moins la mâture s'écarteroit de la verticale; ce qui la fatigueroit moins.

Il étoit donc à propos de montrer que la théorie ordinaire est insuffisante, quoique vraie; parce qu'on doit y faire entrer absolument la considération des vagues. Sans cela on tireroit des conséquences absolument contraires à l'expérience. Toute

personne qui ayant passé par la fâcheuse situation d'un démâtement total, aura voulu méditer sur cet événement, en sera convaincue.

Tout ce qui a été dit du roulis paroît convenir au tangage. Mais on doit observer que comme les Vaisseaux à cause de leur longueur portent presque toujours sur plusieurs vagues, au moins sur les deux moitiés de la même, les résultats ne peuvent être que fort altérés.

Mais c'est principalement lorsqu'il s'agit du tangage, qu'il faut examiner s'il est avantageux de faire ensorte que le Navire suive les mouvemens de la mer, ou qu'il s'y refuse, ce n'est que pour les cas extrêmes que cette difficulté peut être résolue. Le Navire, qui ne suivroit pas les mouvemens de la mer, seroit fatigué par les fortes lames, les vagues le choqueroient de même qu'elles s'élevent contre un rocher, ou contre un Navire échoué, elles mettroient en pieces un pareil Navire par la force de leur choc. Tous les mouvemens se feroient par secousses violentes: il est donc préférable de faire ensorte que le Navire suive, autant que faire se peut, les mouvemens de la mer. Ainsi *c'est une regle d'arrimage de soulager les extrêmités du Navire, & porter tant qu'il se peut les poids vers le centre;* car on doit regarder le tangage moins comme un mouvement d'oscillation, que comme un choc. On a vu que, par rapport au roulis, la variation possible de la disposition du chargement n'a qu'un effet insensible; ce qui fait la différence des regles d'arrimage pour le roulis & le tangage, c'est que le roulis se rapporte plus aux mouvemens d'oscillation; cependant, comme les mêmes remarques ont lieu quand il s'agit du choc des vagues, on doit avertir que dans les Navires qui par leur grandeur ont les mouvemens fort lents, eu égard à ceux des vagues, il faut éviter d'éloigner les poids du centre, & il seroit avantageux, si cela étoit possible, de rendre les oscillations du roulis & des vagues isochrones.

41. Ceux des Lecteurs qui voudront connoitre plus particuliérément la théorie ordinaire, pourront voir les Mémoires de M. l'Abbé le Bossut & Euler qui ont remporté le prix, ainsi que ceux de M. Bouguer & Euler. Comme ce qui regarde les vagues a été négligé dans tous ces ouvrages, je dois avertir que

M. l'Abbé le Boſſut a trouvé quelqu'utilité dans cette maniere de conſidérer le roulis; & ſon ſuffrage me flatte infiniment.

M. Euler, dans le Traité du Navire & celui de la Théorie complette de la Conſtruction, &c. dit : *Lorſqu'un Vaiſſeau eſt porté en haut par les vagues, il y monte avec un mouvement accéléré, & il retombe en bas par un mouvement retardé ; ce qui paroît directement oppoſé aux principes qu'on ſe forme de l'action des eaux.* Je crois qu'il eſt utile de faire quelques obſervations ſur cette aſſertion. Si l'action de l'eau agitée étoit totalement différente de celle qu'elle a quand elle eſt calme, toute théorie ſeroit inutile; mais je puis aſſurer que cette circonſtance n'a pas lieu, & M. Euler aura été trompé par quelques rapports ; on y trouve même quelque choſe de vague : car quand le Vaiſſeau monte ſur la vague par la partie de l'avant, la chûte de l'arriere eſt à conſidérer; ainſi effectivement le Vaiſſeau en total ne monte ni ne deſcend, puiſque ſi par le défaut de ſoutien de la partie de l'arriere, cette partie tombe, l'avant s'éleve. De plus, il ne s'éleve que juſqu'à un certain point par un mouvement accéléré, & l'accélération diminue comme dans les pendules, comme dans les roulis; ſans cela il faudroit que le Navire paſſât du mouvement le plus accéléré pour s'élever, au mouvement le plus prompt pour s'abaiſſer, ce qui eſt phyſiquement impoſſible.



CHAPITRE VI.

Des Vagues.

42. CE qui a été dit jufqu'ici fait connoître qu'il eft utile d'entrer dans le détail de la caufe produifante des roulis, c'eft-à-dire des vagues. Le rapport qui fe trouve entre cette connoiffance & l'eftime du fillage, a engagé M. le Monnier à joindre à fon Traité du Pilotage le Mémoire que j'avois fait il y a une dixaine d'années fur cette partie de la théorie des fluides.

Je donnerai une Table de ce qui a rapport aux vagues pour les différentes vîteffes du vent, fuppofant la denfité de l'eau & de l'air 784 & 1 : dans les temps où le rapport des denfités eft 900 & 1, les vîteffes du vent de la premiere colonne, pour produire les mêmes effets, doivent être augmentées de $\frac{1}{14}$. Cette Table eft calculée, pour le rapport des autres colonnes entre elles, d'après la théorie de Newton, vérifiées par les obfervations; & j'ai eu lieu d'obferver que la furface fupérieure de l'eau prend une vîteffe, qui eft à celle du vent en raifon fous-doublée inverfe des denfités.

TABLE des Vagues. Les Denfités du Vent & de l'Eau, étant 1 & 784.

VITESSE du Vent.	VITESSE de l'eau à la furface.	HAUTEUR des Vagues.	LARGEUR des Vagues.	VITESSE des Vagues.	HAUTEUR de l'eau fur les Côtes.
7 pieds.	0 p. 25	0 p. 22	0 p. 60	1 p. 30	
14	0. 50	0. 50	1. 30	2. 70	
21	0. 75	1. 25	6. 00	4. 00	
28	1. 00	2. 00	9. 30	5. 50	
42	1. 50	4. 58	21. 00	8. 30	
56	2. 00	8. 00	37. 50	11. 00	1 p. 00
70	2. 50	12. 50	59. 00	13. 80	1. 70
84	3. 00	18. 00	85. 00	16. 50	2. 50
98	3. 50	24. 08	113. 00	19. 20	3. 50
112	4. 00	32. 00	150. 00	22. 00	4. 50
128	4. 50	40. 50	190. 08	25. 00	6. 00

On peut être surpris des grandes vîtesses que le vent peut avoir, selon moi; mais elles sont plus proportionnées aux vîtesses des nuages & aux effets des vents violents, que celles qu'on a coutume de supposer d'après Musschembrock. Un Vaisseau ou Frégate fait souvent 12 nœuds sous la misaine, ou 20 pieds par seconde; si on fait attention qu'alors la misaine, étonnamment courbée, n'offre qu'une foible surface, qui, avec celle de la mâture, n'est pas plus que les $\frac{1}{7}$ de la voilure totale vent arriere, on reconnoîtra que ces vîtesses ne sont pas exagérées. Des duvets ou autres choses de peu de poids, mais cependant d'une plus grande pesanteur que l'air naturel, peuvent-ils prendre toute la vîtesse du vent?

On remarque que quoiqu'un vent de 112 pieds par seconde soit nécessaire pour élever des lames de 32 pieds, sa densité étant la 784ᵉ partie de celle de l'eau, cependant il peut exister indépendamment de la vague; ce n'est qu'après quelque temps qu'elle s'éleve jusqu'à ce point: de même la vague subsiste après la cessation du vent, comme tout le monde le reconnoît; les dimensions des vagues relatives au vent, c'est-à-dire les trois & quatrieme colonnes, sont peut-être susceptibles d'une diminution d'un vingtieme.

43. Pour faire les observations qui ont rapport aux vagues, il faut bien vérifier les sabliers, si l'on s'en sert, & les lignes de lock mouillées; il faut les faire dans les mers libres, car sans cela les vagues seroient plus courtes, & principalement diriger sa route dans le sens du méridien. On trouvera toutes ces attentions dans le Livre & Mémoire cités.

Pour observer la hauteur des vagues, rien n'est plus facile. Il faut voir à quelle hauteur on est placé sur les ponts & gaillards, quand la mer est libre: deux pieds dont l'œil seroit trop bas, sont une quantité sensible. Il faut aussi prendre les instans où le Vaisseau est sensiblement horizontal, pour éviter de se tromper dans l'estimation de la hauteur au dessus du niveau naturel de l'eau.

C'est vent arriere, qu'il est le plus facile d'observer la vîtesse des vagues. Je suppose que le Vaisseau parcourt 560 pieds, dans le temps qu'il traverse une vague, dont la hauteur observée est

24 pieds, ce qui par la Table donne une largeur de 112 pieds; la vîteſſe de la vague pendant ce temps aura été 560—112 ou 448 pieds. Si au contraire les vagues vont plus vîte que le Vaiſſeau, ce qui arrive quelquefois quoiqu'on tâche de l'éviter, parce qu'alors leur choc eſt dangereux, ſi le Vaiſſeau faiſant le même chemin, étoit dépaſſé de la largeur d'une vague, ſa vîteſſe ſeroit 560+112 ou 672, ou les $\frac{6}{5}$ du chemin du Vaiſſeau. On peut faire cette obſervation, le Vaiſſeau parcourant un plus grand nombre de lames, & alors le réſultat eſt plus exact.

Le moindre uſage rend ces obſervations faciles; on doit les ceſſer lorſque des vagues ſe croiſent irrégulierement.

On a déduit les largeurs des vagues de leurs vîteſſes par les corollaires 1 & 2, propoſition 46 du deuxieme livre des principes de Newton, & cela ſe trouve conforme à l'obſervation. J'ai auſſi trouvé que le rapport de leur hauteur & largeur eſt celui du ſinus verſe de 45^d au double de ce ſinus, c'eſt-à-dire, certainement plus que quadruple : l'on peut donc ſuppoſer que la forme des vagues régulieres telles qu'elles ſont après la ceſſation du vent, peut ſe réduire à des arcs de 90^d, ayant alternativement leurs centres au deſſus & au deſſous des lignes des ſommités & abaiſſemens. La force du vent trouble cette forme par les vagues accidentelles, le côté de la vague le plus à l'abri ou ſous le vent, eſt alors plus à plomb, ce qui en facilite le développement, & le côté du vent eſt plus incliné; enſorte
Figure 15. qu'elles approchent plus alors d'avoir la forme ABPDE, que celle de A o 1 2 4 E; mais on ne peut demander ici des formes préciſes, il ſuffit d'en remarquer à peu près les effets & la figure.

On a joint une ſixieme colonne, qui n'a aucune eſpece de rapport aux qualités des Vaiſſeaux, ni à la Marine; c'eſt celle qui dénote l'élévation de la mer ſur les côtes après les coups de vent. Je n'en ſuis pas auſſi aſſuré que des autres colonnes, parce que cela dépend de diverſes eſtimes réunies; je crois cependant qu'elle approche d'être aſſez exacte. Elle eſt calculée ſur les faits ſuivans. Il eſt certain que l'eau s'éleve ſur les côtes, & dès-lors il ſuit que cette élévation ne vient pas du principe de l'égalité du poids moyen des colonnes qui compoſent la vague; car alors le niveau moyen de l'eau reſteroit le même;

il étoit donc naturel de chercher une égalité d'effort; ainsi l'eau s'éleve sur les côtes d'une quantité telle que l'effort moyen est égal à l'effort moyen des vagues.

Au reste, j'ai averti dans le Traité du Pilotage, qu'il m'a paru que l'on ne peut pousser les colonnes au-delà de 140 pieds de vîtesse pour le vent; encore ceci n'a-t-il lieu que dans les ouragans.

Si l'on nomme r le rayon, a l'abaissement des centres au dessous des lignes des abaissemens de la lame, ou l'élévation au dessus de leurs sommités, y les hauteurs de la lame au dessus de ces centres ou leur abaissement, x le sinus de 45^d, l'effort des lames est $(y-a^2)$ pour la partie convexe, & $(r-y^2)$ pour la partie concave, & le total des efforts à cause de $yy=rr-xx$ devient $3r^2x-\frac{r^2x}{3}+a^2x-2(r+a)\int y\,dx=2(a+z)^2x$ nommant z la hauteur au dessus du niveau moyen de l'eau; ce qui étant réduit, donne environ pour z la septieme partie de la hauteur de la vague; indépendamment de cette cause la mer s'éleve, parce que la côte étant inclinée, son mouvement se décompose.

La connoissance de cette partie de la théorie des fluides a une trop grande utilité, pour la perfection de l'hydraulique, pour ne pas espérer qu'on pardonnera d'en avoir traité, quoiqu'elle soit foiblement liée à la construction des Vaisseaux. On voit, par la vitesse des vagues, que leur effort n'a pas lieu de surprendre; enfin, il nous suffit d'avoir exposé des vues qui semblent mériter quelqu'attention.



CHAPITRE VII.

Théorie de la résistance des fluides.

I.

44. JUSQU'ICI nous avons considéré le Vaisseau en repos, ou au moins sans mouvement progressif. Nous allons maintenant le considérer ayant un tel mouvement, ou ce qui est la même chose, le mouvement progressif de l'eau contre un corps en repos. Pour parvenir à en donner une idée claire, on commencera par rappeller les principes incontestables de la théorie des fluides.

L'effort qu'éprouve une surface exposée à l'action d'un fluide en repos, est égal à l'étendue de cette surface multipliée par la hauteur du niveau de l'eau au dessus du centre de gravité de la surface. La vérité de cette proposition se prouve par l'expérience fondamentale, qui est que les corps occupent un déplacement égal à leur poids & par la décomposition des efforts, en deux efforts perpendiculaires l'un à l'autre, dont la direction de la surface est la dragonale.

Ainsi (*Figure 19.*) l'action verticale de l'eau sur la surface dont PI représente une coupe, ou plutôt sur cette coupe, est comme le poids du volume HPIA, & comme BI=HA multiplié par HE, distance du niveau de l'eau au centre de gravité du triangle. L'action totale sur la surface PI, est à la verticale comme PI : BI. C'est la même chose, si on ne considere que les trapezes élémentaires, N*n*, M*m*.

L'action de l'eau dans le sens BI horizontal, provenant de l'action sur la surface PI, est à l'action verticale :: PB : BI, & cette action doit avoir son effet, à moins qu'elle ne soit contrebalancée par un effort égal & opposé; de même que l'action ou poussée verticale, est contrebalancée par la pesanteur, qui lui est égale & opposée. L'immobilité d'un corps flottant montre donc

donc que les impulsions horizontales se détruisent; quelque soient les courbes qui composent la surface, pourvu qu'il y ait un fluide environnant. Ce que l'expérience montre, se déduit des mêmes principes; car l'impulsion horizontale est toujours PB. HE, & cela soit que la surface ait une inclinaison PI ou PO, ou quand même PO deviendroit PB par l'anéantissement du côté BO. Mais s'il n'y a pas de fluide environnant, comme cela se trouve aux vannes, portes de bassin, d'écluse, &c. l'impulsion horizontale se trouve entiere. Si même le fluide agissant sur la partie ALI, avoit une densité différente de celui qui agit sur la partie HPI; par exemple, si un bassin étoit rempli d'eau douce, & si les portes recevoient l'action extérieure de l'eau de mer, il y auroit une action horizontale égale à la différence des densités du fluide.

45. Si l'on a un plan vertical (*Figure 20.*) exposé à l'action d'un fluide extérieur PBEE, & d'un fluide intérieur OBII: l'action horizontale totale est $PB. \frac{PB}{2} - OB. \frac{OB}{2}$, & comme $PB = OB + OP$, elle est égale à OP, différence des niveaux de l'eau multipliée par $OB + \frac{OP}{2}$, ou la hauteur moyenne des deux plans intérieur & extérieur.

Supposons maintenant que les fluides intérieur & extérieur aient eu originairement la même hauteur BO: mais que quelque cause donne une vîtesse au fluide extérieur, il s'élevera en OP, ensorte que la vîtesse qui proviendra de la hauteur OP, sera absolument égale à celle du fluide: alors il n'aura plus de vîtesse pour choquer le plan, mais une force de pression qui lui est égale, & on pourra confondre ces expressions.

Pour soutenir le plan PB dans cette position, il faut que l'appui soutienne un effort de la même quantité, ou qu'une autre force égale repousse le même plan dans une direction opposée.

46. De ces mêmes principes & de la décomposition du mouvement, on conclura les loix de l'impulsion d'un fluide, dont la vîtesse a une direction oblique à la surface. Soit le triangle PCA (*Figure 21.*) supposons que le fluide ait une vîtesse dans la direction OP: cette vîtesse, relativement à la surface, est la

même que celle du fluide qui va de p en P. faisant Op parallele à AP, par les regles de la compoſition des mouvemens, pP ou la viteſſe relative eſt à l'abſolue comme le ſinus total eſt au ſinus d'incidence. Cette décompoſition des efforts, qui eſt un principe général de méchanique & du mouvement, ſe retrouve avoir à chaque inſtant une application dans la Marine. La portion d'effort, tranſmis par un cordage tendu obliquement, conſidéré par rapport à une certaine direction, eſt comme l'obliquité du cordage. Plus les haubans, par exemple, ſont obliques par rapport aux mâts, moins ils les ſoutiennent latéralement.

Toutes les expériences ont montré que les fluides agiſſent comme le quarré des vîteſſes, ou comme les hauteurs des niveaux qui donnent ces vîteſſes. Tout le monde en convient; ainſi l'effort de l'eau, puiſque la vîteſſe eſt diminuée comme le ſinus d'incidence diminuera comme le quarré des ſinus d'incidence.

Il réſulte de tout ce qui a été dit juſqu'ici, qu'ayant un ſolide (*Figure 22.*) dont PDAR repréſente une tranche, tant qu'il eſt immobile, les actions ſur PD & PR, dans le ſens perpendiculaire à DR, ſont égales à celles qui s'exercent ſur AD & DR, dans le ſens AC oppoſé à PC, & perpendiculaire à DR; mais ſi le corps va chercher le fluide, & ſe meut ſelon CP, il y aura une nouvelle vîteſſe du fluide proportionnelle, comme on vient de remarquer au ſinus d'incidence. Nous la nommons *Vîteſſe d'accès.* Ce corps ne peut s'avancer vers le fluide, ſans que la partie poſtérieure ne ſe ſouſtraye à ſon action: nous nommerons la quantité dont la partie poſtérieure évite le fluide, *Vîteſſe de fuite*, qui eſt pareillement comme le ſinus d'incidence.

M. Bouguer a paru, dans le chapitre du Traité du Navire qui traite de la poupe, reconnoître les mêmes principes; mais il n'en a pas tiré tout le parti qu'il eût pu, & c'eſt la cauſe de l'imperfection, où il a laiſſé pluſieurs parties de la théorie des Vaiſſeaux qui en dépendent. Comme c'eſt la baſe des mouvemens des fluides, on croit devoir y inſiſter, & montrer que les mêmes principes ont lieu pour la partie poſtérieure de la carene, que pour la partie antérieure. Dans le cas de l'immo-

bilité, perſonne n'en doute; le corps étant en mouvement, il n'y a de différence que dans les ſignes ou directions, & les circonſtances l'indiquent.

Si le fluide MD, a une viteſſe d'accès MI, la partie DN ne fuit le côté DA, que de la quantité LN : cette viteſſe de fuite eſt une diminution de la viteſſe avec laquelle le fluide fuit la tranche DA.

C'eſt une choſe indifférente qu'un corps ſoit pouſſé avec une plus grande force, ou ſoutenu par un moindre effort; car on n'a jamais à conſidérer que la différence d'effort; ſi par exemple le ſolide, dont PDR eſt une tranche, eſt pouſſé dans le ſens PC par un effort de 100 livres, & repouſſé par un effort égal, il n'y a pas d'action; s'il étoit pouſſé par un effort de 100 ou 150 livres, & repouſſé avec une force de 50 ou 100 livres, l'effort ſeroit de 50 livres.

On voit par-là que l'effort total ſur le fluide eſt compoſé de l'effort réſultant de la viteſſe d'accès du fluide, & du moindre ſoutien provenant de la viteſſe de fuite. Si les ſurfaces antérieures & poſtérieures ſont ſemblables, on peut ne conſidérer que la ſurface antérieure; ainſi qu'on a fait juſqu'ici pour chercher l'impulſion directe; mais ſi elles ſont différentes, il faut chercher les efforts réſultans pour la proue & la poupe, & en prendre la moitié : car des expériences ont montré quelle eſt l'action de l'eau ayant une viteſſe déterminée ſur un plan d'un pied quarré expoſé directement à l'action du fluide. Si on calculoit l'excès d'action de l'eau, & le défaut de ſon ſoutien, chacune de ces ſurfaces auroit la moitié de l'action totale. Il faut toujours retrouver l'effort donné par l'expérience. C'eſt toujours l'action ſur le même pied, mais dont on attribue la moitié au défaut de ſoutien, & l'autre moitié à l'excès d'impulſion.

Quelque puiſſe être l'action des fluides, ſoit celle du ſinus d'incidence ou de ſon quarré, ou telle autre que l'on ſuppoſe, la même loi aura lieu pour l'avant & l'arriere; parce que la décompoſition des mouvemens eſt une loi générale & reconnue de la méchanique, & que c'eſt le ſeul principe que l'on ſuit dans cette théorie.

47. Les principes d'hydroſtatique paroiſſent donc établir (N° 46.) que l'action de l'eau ſuit la raiſon des quarrés des ſinus d'incidence ; on y oppoſe des expériences faites par une perſonne très-éclairée (M. de Borda) : expériences d'ailleurs très-fidellement rapportées.

Il eſt inconteſtable que l'expérience doit l'emporter ſur les conſéquences tirées d'une théorie ſouvent imparfaite, dans laquelle il eſt facile d'avoir négligé des conſidérations eſſentielles ; mais auſſi on a pu négliger quelque conſidération dans les expériences. Dans celles de M. de Borda (Mémoires Académie Royale des Sciences, année 1763) on trouve qu'un cube que l'on fait aller par l'angle, diminue inſenſiblement la réſiſtance abſolue, & de $\frac{1}{16}$ ſeulement ; elle diminue moins que la raiſon du ſinus d'incidence. En tireroit-on la conſéquence, que les diverſes formes des corps influent très-peu ſur la réſiſtance ? Ce n'eſt donc qu'après un examen très-attentif que je les ai cru inſuffiſantes, pour déterminer la loi qu'elles ſuivent. Il ſera cependant à propos que ceux qui voudront s'inſtruire particuliérement de cet objet, voient le Mémoire ci-deſſus cité, & celui de M. de Borda, année 1767.

A ces expériences je vais en oppoſer quelques autres. J'ai remarqué bien des fois que des Navires qui diminuent la réſiſtance comme 1 eſt à 10, & où elle eſt $\frac{1}{11}$ environ du quarré de la demi-largeur, conſervent les flottes où il y a toujours de mauvais voiliers, avec les huniers ſur le ton, quelquefois cargués, quand elles ont vent arriere. L'étendue de leurs voiles eſt environ $\frac{2}{9}$ de celle des autres Navires, & cette étendue eſt la meſure la plus exacte du rapport de leur réſiſtance. La plus grande étendue proportionnelle des maîtres gabarits des autres Navires, & une ſimple diminution de réſiſtance dans la raiſon des ſinus d'incidence, ne pouvoit faire une ſi grande différence : on trouveroit ſeulement le rapport de 1 à 2 environ.

Perſonne ne rend plus de juſtice que moi à M. de Borda, ne cherchant que le vrai, ſans aucun ſyſtême particulier, ſes expériences ſont certaines & font voir le vrai génie d'obſervation. Mais je crois que le point de traction doit être conſidéré ; car ce point ne peut être une choſe indifférente. Un axiome qu'il

eſt important de ſe rappeller, c'eſt que les mêmes cauſes produiſent les mêmes effets, & que ſi l'effet eſt différent, il faut chercher une cauſe différente. Les fonds étant les mêmes, variant le point velique, il réſulte des différences de marche : donc ce point doit être conſidéré, le point velique reſtant le même & variant la différence de tirant d'eau, il en réſulte dans des différences de marche : donc il faut auſſi conſidérer les fonds.

Ces raiſons jointes à quelques expériences particulieres ; mais peu préciſes, me font encore admettre le loi du quarré du ſinus d'incidence, pour repréſenter les impulſions de l'eau ; cependant, pour rendre le Traité complet, je n'ai pas négligé l'hypothèſe où elles ſuivent la raiſon ſimple de ces ſinus.

I I.

Des réſiſtances directes.

48. On a vu ci-deſſus que la réſiſtance (*Fig. 21.*) qu'éprouve la ligne AC, eſt diminuée comme le quarré du ſinus d'incidence : quarré du ſinus total ou comme ($AC^2 : AP^2$), ce qu'il eſt très-facile de calculer par la méthode de M. Bouguer, qui conſiſte à tirer du point C, la perpendiculaire CD, ſur l'hypothèſe AP : puis du point D, une autre perpendiculaire DE ſur la ligne CP : on multiplie enſuite la ligne AC par la ligne CE, qui eſt le quarré du ſinus d'incidence, & c'eſt l'impulſion réelle, ou par la ligne IK pour repréſenter l'impulſion abſolue ; car la ligne CE : CP : : le quarré du ſinus d'incidence : au ſinus total. Ce qui ſe démontre d'une façon élémentaire, car AC : AP : : CD : EC ou $AC^2 : AP^2 :: CD^2 : EC^2$, & $DC^2 = CP.\,CE$ donc $AC^2 : AP^2 :: CP : CE$. On peut porter ces lignes ſur celle des plans du compas de proportion, c'eſt la maniere la plus courte.

Une demi-proue PDBA (*Figure 23.*) ſuppoſée compoſée des droites PD, DB, BA. s'avançant ſelon l'axe CP, la partie PD recouvre DE, la partie DB recouvre BF, & la partie AB recouvre AG : leur ſomme eſt AC, on les calculera toutes en cette ſorte portant DE qui eſt de 20. 5 parties égales ſur la

ligne des plans de 10 à 10, DP ira de 14 à 14, ce qui montre que la résistance sur cette partie diminue comme 10 : 14 de même pour BF & AG : on donne cette forme à ce calcul:

DE = 20. 5	de 10 à 10	DP va	de 14 à 14	résist.	14. 60
BF = 8	de 10 à 10	BD	de 35 à 35		2. 25
AG = 6	de 1 à 1	AB	de 11 à 15		0. 40
résist. abs. 34 5				résistance relative	17. 25

Cette méthode est une approximation, puisqu'on réduit la surface courbe à des lignes droites.

49. S'il s'agissoit de courbes géométriques, on pourroit trouver la résistance d'une façon géométrique. Si l'on proposoit de connoître celle qui prouve le demi-cercle ABD (*Fig. 24.*) l'on en prend une partie EI, comprises entre les ordonnées EM & Im, cet arc de cercle couvre la partie Ee : la résistance est comme le quarré du sinus d'incidence, mais par la propriété du cercle, si on tire le rayon EC, le sinus d'incidence Ee : petit arc du cercle EI sinus total : : l'ordonnée Em : au rayon CE; ainsi à chaque point la résistance relative qui suit le rapport du quarré du sinus d'incidence, au sinus total, est dans la raison du cercle qui a EM pour rayon, au cercle qui a CE pour rayon. Ainsi la résistance directe est à la relative comme le cylindre qui a pour base le grand cercle de la sphere, & pour hauteur le rayon, est à l'hémisphere ou : : 2 : 3; on trouveroit par les mêmes raisonnemens que dans l'hypothese des sinus, la résistance relative est à l'absolue : : l'ordonnée : au rayon ou comme le cercle : quarré du rayon, mais la forme méchanique des courbes qui composent le Vaisseau, oblige de suivre les méthodes d'approximation indiqués ci-dessus.

Il est aisé de trouver les impulsions latérales (Voyez les Figures 21 & 23.) car à cause de la décomposition des mouvemens, l'impulsion directe est à la latérale comme AC : CP; ainsi l'impulsion directe est AC. $\frac{AC^2}{AP^2}$ & la latérale est CP $\frac{AC^2}{AP^2}$, & supposant que ce même triangle soit situé verticalement, ensorte que la ligne AC soit verticale, la même décomposition du

mouvement, fera que l'impulſion directe ſera AC : $\frac{AC^3}{CP^2}$ & la verticale CP. $\frac{AC^2}{AP^2}$; effectivement il n'y a de différence que dans la poſition du triangle, mais c'eſt toujours la même obliquité.

50. Nous allons examiner maintenant ce qui arrive quand le fluide a une direction oblique; on ſait que ſi on a deux angles exprimés par A & B, le ſinus de (A+B) = ſin. A. coſ. B + coſ. A. ſin. B & que le ſinus de (A—B) = ſin. A. coſ. B —coſ. A. ſin. B; comme cette démonſtration ne ſe trouve pas dans tous les élémens, nous la rappellerons ici. On en trouvera une autre, Géométrie de M. Beſout, N° 284.

Soit l'angle ACP = PCB (*Figure 25.*) l'angle déſigné par A; ſi on tire le rayon CR, faiſant avec CP l'angle PCR, déſigné par P dans la formule, l'angle BCR eſt l'angle A+B, ou la ſomme de ces angles : l'angle ACR qui en eſt la différence eſt A—B, RO eſt ſinus de l'angle B, CO ſon coſinus, AI ſinus de l'angle A ou ACP, CI ſon coſinus, BE eſt ſinus de A+B & AV eſt ſinus de A—B.

On a l'analogie ſuivante CO ou coſ. B : RO ou ſin. B :: CI ou coſ. A : HI = $\frac{\text{ſin. B . coſ. A}}{\text{coſ. B}}$, à cauſe des triangles ſemblables RCO & HCI, BH=BI+IH= ſin. A+ $\frac{\text{ſin. B coſ. A}}{\text{coſ. B}}$, ou $\frac{\text{ſin. A coſ. B+ſin. B coſ. A}}{\text{coſ. B}}$ & AH ou ſin. A—HI= $\frac{\text{ſin. A coſ. B—ſin. B coſ. A}}{\text{coſ. B}}$; mais les triangles RCO, HBE, HAV ſont ſemblables, car l'angle BHE=CRO puiſque les lignes RO & AB ſont paralleles, de même l'angle HEB = l'angle RDC étant droits l'un & l'autre; les triangles AHV & HDE étant ſemblables, on a les analogies ſuivantes. CR : CO . : BH . BE :: AH : AV & R : coſ. B :: $\frac{\text{ſin. A. coſ. B+ſin. B. coſ. A}}{\text{coſ. B}}$: BE ſin. A + B = $\frac{\text{ſin. A. coſ. B+ſin. B. coſ. A}}{r}$ :: $\frac{\text{ſin. A. coſ. B — ſin. B. coſ. A}}{\text{coſ. B}}$: AV. ſin. de A —B = $\frac{\text{ſin. A. coſ. B—ſin. B. coſ. A}}{r}$ & faiſant $r=1$, BE = ſin. A. coſ. B + ſin. B. coſ. A & AV= ſin. A. coſ. B — ſin. B. coſ. A.

51. Ceci étant démontré, ſi la proue que nous ſuppoſons rectiligne, eſt repréſentée par les lignes PB, PA, faiſant avec

l'axe PC un angle égal, ſuppoſons que le fluide au lieu de ſuivre la direction PC, en ait une PL oblique, la partie AP de la proue ſera frappée avec une obliquité égale à la ſomme des angles APC+CPL, & la partie PB le ſera avec une obliquité égale à la différence de ces angles; ainſi la réſiſtance ſur PA = PA . AO; le ſinus de l'obliquité pour la partie AP de la proue comme il vient d'être dit ci-deſſus = ſin. APC : coſ. CPL + ſin. CPL . coſ. APC, & celui de l'obliquité pour la partie BP eſt ſin. APC . coſ. CPL — ſin. CPL . coſ. APC, & nommant pour abréger ſin. CPA, ou CA, ou ſon égal CB y, ſon coſ. CP x, le ſinus de l'obliquité du fluide ou de l'angle CPL, m : ſon coſ. n. La réſiſtance directe pour la partie la plus expoſée à l'impulſion eſt $y\ (yn+xm)^2$ & pour la partie la moins expoſée, ou CB elle eſt $y\ (yn-xm)^2$, ainſi la ſomme des produits ou la réſiſtance ſur les deux côtés à la fois eſt $2y\ (y^2n^2+x^2m^2)$ ou à cauſe de $x^2=r^2-y^2$ elle eſt $2y\ (r^2m^2-m^2y^2+n^2y^2)$ ou à cauſe de $r=1$ on a $2\ (m^2y+n^2-m^2)\ \frac{y^3}{x^2+y^2}$ puiſque $r^2=\overline{x^2+y^2}$ comme cette expreſſion eſt la même pourvu que les deux côtés PA, PB ſoient également inclinés ſur l'axe, & que la ligne BL tombe en dedans de CPD, la grandeur de y ne change rien à la ſolution & le triangle peut être infiniment petit ou fini. On eſt convenu en France de déſigner la circonſtance particuliere où les côtés ſont infiniment petits par la caractériſtique d, ainſi l'expreſſion quand on conſidere deux triangles élémentaires ou infiniment petits, eſt $2m^2dy+(n^2-m^2)\frac{dy^3}{dx^2+dy^2}$ & la réſiſtance pour une courbe entiere feroit $2\int(m^2dy+(n^2-m^2)\frac{dy^3}{dx^2+dy^2}=2m^2y+(n^2-m^2)\frac{\int dy^3}{dx^2+dy^2}$; expreſſion qui eſt la même que celle de M. Bouguer, à la réſerve qu'on a ſubſtitué le rapport des ſinus, coſinus & rayon, à celui des tangentes, rayon & ſecantes.

En examinant l'expreſſion $2\ (m^2y+\ (n^2-m^2)\ \frac{\int dy^3}{dx^2+dy^2}$ on voit que ſi l'obliquité du fluide eſt nulle, ou s'il ſe meut parallelement à l'axe, m étant $=o$ & $n=r$, elle ſe réduit à

a

$2\frac{fdy^3}{dx^2+dy^2}$, pour un triangle fini seul $\frac{y^3}{x^2+y^2}$, ou $\frac{CA^3}{PA^2}$, ce que l'on savoit déja.

Si l'obliquité est de 45 d, les sinus & cosinus m & n sont égaux, & $n^2 - m^2 = 0$. dont tout se réduit au premier terme $2m^2y$, & comme $2m^2$ ou le double du quarré du sinus de 45 d = le quarré du rayon, la résistance est y, ou la moitié de la résistance directe qui est $2y$, & cela quelque puisse être la longueur de CP.

Cette même expression $2(m^2y+(n^2-m^2)\frac{fdy^3}{dx^2+dy^2})$ à cause de $r^2 = n^2 + m^2$, devient $2m^2y+2(r^2-2m^2)\frac{fdy^3}{dx^2+dy^2}$ & la résistance pour la route directe $2r^2\frac{fdy^3}{dx^2+dy^2}$ étant retranchée, le reste $2m^2(y-2\frac{fdy^3}{dx^2+dy^2})$ est l'augmentation de résistance causée par l'obliquité de la route, qui est proportionnelle a m^2, ou au quarré du sinus de l'obliquité, & il en résulte que si on connoit l'augmentation de résistance pour une route, on la connoit pour toutes les autres.

Cette même expression, qui, quand on considere un triangle seul, est $2m^2(y-2y^3)$ fait voir que la résistance n'augmente avec l'obliquité, que quand cette quantité est positive; ainsi $y-2y^3$ ou $1-2y^2$ doit être positif & 1 ou r^2, doit être plus grand que $2y^2$: par conséquent si l'angle CPB ou CPA est moindre que 45 d; la résistance augmente avec l'obliquité de la route, & s'il excéde 45 d la quantité devenant négative, la résistance diminue par l'augmentation d'obliquité.

Cette théorie est absolument fondée sur la considération des triangles finis & sur une géométrie élémentaire, & par-tout où on trouve la caractéristique d qui montre qu'on considere des parties dy ou dx infiniment petites, on peut substituer des parties finies dont l'assemblage forme la base, ou la longueur de la proue.

52. Dans le même triangle, si l'angle CPI est plus grand que l'angle CPB, AO est toujours le sinus de l'angle ACP + CPI, la ligne BI qui est en dehors de BC représente la différence des angles, & cette quantité est une vitesse de fuite,

ou la viteſſe avec laquelle le côté PB eſt ſoutenu dans l'état d'équilibre, eſt moindre de cette même quantité, l'impulſion directe provenante de l'action du fluide ſur PA, eſt toujours $y. \frac{(yn+xm)^2}{y^2+x^2}$, mais l'action ſur PB au plutôt le défaut d'impulſion ſur cette partie eſt $y. \frac{(yn-ym)^2}{y^2+x^2}$; & comme le défaut d'impulſion dans un ſens eſt la même choſe que l'excès d'impulſion dans le ſens oppoſé, on doit changer les ſignes. L'action totale ſera donc $\frac{4mnxy^2}{x^2+y^2} = 4\,mn\frac{(x-x^3)}{x^2+y^2}$ & (*par le No 46.*) on doit prendre la moitié de cette quantité.

On voit que quelque ſoit la forme de la proue, ou les angles CPA, CPB, la réſiſtance augmente juſqu'à ce que l'obliquité ſoit de 45 d; car la réſiſtance ne varie qu'à proportion du rectangle *mn*, & l'on ſait que le plus grand rectangle formé par le ſinus & le coſinus eſt celui où ils ont 45 d, alors la réſiſtance devient $\frac{2xy^2}{x^2+y^2}$, ou elle eſt à la réſiſtance directe comme x eſt à y ou : : CP : CA.

Ce ſecond cas n'a pas été examiné par M, Bouguer, ni par les autres Auteurs; il eſt cependant très-étendu, car les courbes qui entrent dans la conſtruction du Vaiſſeau, deviennent paralleles à l'axe en approchant du milieu; ainſi cette pattie s'y trouve compriſe pour peu qu'il y ait d'obliquité, & elle s'étend plus ou moins vers les extrêmités ſelon la quantité de la dérive & la forme du Navire. En général, lorſque la dérive eſt de 45 d, toute la carene des Frégates ſe trouve compriſe ſous cette ſolution. Quand la dérive eſt très-foible comme de 2 à 3 d, on peut s'en tenir à la ſolution relative au premier cas. Il eſt eſſentiel de bien méditer ce deuxieme cas, parce qu'il eſt lié à la théorie de la poupe & qu'il en eſt la baſe.

Lorſque l'obliquité eſt égale à l'angle CPA, les deux expreſſions, ſavoir $\frac{4xmny^3}{x^2+y^2}$ & $2\,m^2y+2\,(n^2-m^2)\frac{y^3}{x^2+y^2}$ ſont les mêmes, car alors $m=y$ & $n=x$ elles deviennent donc $\frac{4x^2y^3}{x^2+y^2}$ & $2y^3+\frac{2x^2y^3-2y^5}{x^2+y^2}$ ou $\frac{4x^2y^3+2y^5-2y^5}{x^2+y^2}$ qui ſont abſolument les mêmes.

III.

De l'Impulsion latérale.

97. Il faut faire attention que dans le premier cas, l'impulsion latérale provenante du choc de l'eau sur le côté PA (même figure) a une direction dans le sens ACB, & celle qui a lieu sur le côté PB, a une direction dans le sens BCA; opposé à ACB; ainsi elles doivent être soustraites l'une de l'autre; & comme PB ou PA étant la résistance totale, CP est la latérale, elle est CP. $\frac{AO^2 - BL^2}{PA^2}$, qui en désignant les mêmes lignes par les mêmes lettres devient $x\left(\frac{(yn+xm)^2-(yn+xm)^2}{x^2+y^2}\right)$ & à cause de de PA^2 ou $r^2=x^2+y^2=1$, on a $4\ mnx^2y$ ou $4\ mn\ (y-y^3)$; expression conforme à celle de M. Bouguer.

Dans le second cas, BI est la vitesse de fuite, il y a un défaut d'impulsion sur le côté P B, & l'effort opposé est plus considérable; ainsi la résistance latérale est $x\ (yn+ym)^2 + (xm-yn)^2$ ou $2x\left(n^2+(m^2-n^2)\ \frac{x^2}{x^2+y^2}\right)$.

On a vu (*N° 46*), que les résistances pour chaque surface doivent être la moitié de celle qu'on trouve quand on se contente d'en calculer une seule.

Il est à propos de comparer ce résultat avec celui que donnent les théories ordinaires; quand le Vaisseau va latéralement selon ces théories, la résistance latérale, qui est toujours $4\ nmx^2y$, devient nulle, parce qu'alors $n=0$; ce qui ne peut être. Je trouve qu'elle est $\frac{x^3}{x^2+y^2}$ ou $\frac{CP^3}{PA^2}$, ce qui est évident il n'y a nulle différence entre cette espece de résistance & celle d'un Vaisseau qui ayant pour largeur la ligne CP, iroit directement dans le sens CA, & ce n'est qu'une maniere différente d'envisager le même effet.

I V.

Remarques générales.

54. Il étoit néceſſaire de conſidérer d'abord des lignes courbes, ou, ce qui eſt la même choſe, des corps dont toutes les tranches horizontales ſont des coupes égales; il faut maintenant ramener cette théorie à l'examen des ſurfaces courbes; dans leſquelles les diverſes tranches ſont inégales. De cette diſpoſition, il réſulte une inclinaiſon dans le ſens vertical & une nouvelle décompoſition; ainſi (dans la *Figure 26.*) ou ABD eſt une coupe verticale, AP la longueur de la proue, & APB une portion de ligne d'eau, le ſinus d'incidence n'eſt pas la ligne AB, mais la perpendiculaire a la ſurface que je nommerai Y; pour éviter de la confondre avec AB, ligne horizontale qui a été nommée y : effectivement ce ſinus Y, eſt la vîteſſe d'accès du fluide; ainſi la réſiſtance à cauſe de cette decompoſition diminue comme Y^2 à y^2. La réſiſtance verticale ſuit les mêmes formules que la réſiſtance directe.

S'il s'agit de ſurfaces dont les coupes ſont inégales à cauſe de la nouvelle décompoſition qui ſe fait dans le ſens vertical, la perpendiculaire à la ſurface verticale eſt toujours Y; mais l'impulſion abſolue ſur la ſurface totale eſt déterminée par ſon inclinaiſon, la largeur à conſidérer, eſt la perpendiculaire à PB, ou diminue :: $r : x$, on nommera c la ligne AD qui reſte la même; & eſt le ſinus d'inclinaiſon, alors le ſinus total eſt $\sqrt{\left(cc \frac{+y^2 \; x^2}{rr}\right)}$ & les réſiſtances diminuent :: $c^2 r^2 : c^2 r^2 + y^2 x^2$ ou :: $x^2 + y^2 : x^2 + y^2 \frac{y^2 x^2}{c^2}$ & comme il eſt facile de trouver une quatrieme proportionnelle à c, x & y, ſi on la nomme z l'expreſſion devient $2\,A\left(\frac{x^2 + y}{x^2 + y^2 + z^2} m^2 + (n^2 - m^2) \frac{Y^2}{x^2 + Y^2}\right)$. Il en eſt de même des autres cas & des impulſions, ainſi la 2[e] expreſſion qui eſt $4\,mnxy^2$ devient $4\,A\,mnxy \frac{x^2 + y^2}{x^2 + y^2 + z^2}$.

Pour l'impulſion latérale, ſi B eſt le triangle élémentaire fini, la formule du premier cas $4\ mnx^2y$ devient $4\ B\,mn\ xy\ \frac{x^2+y^2}{x^2+y^2+z^2}$.

Celle du deuxieme cas devient $2\,B\left(\frac{x^2+y^2}{x^2+y^2+z^2}n^2+(m^2-n^2)\frac{X^2.Y^2}{X^2+y^2.y^2}\right)$.

Pour les réſiſtances verticales ; ce ſont les mêmes expreſſions que pour la réſiſtance directe ; il n'y a de différence que celle des triangles élémentaires que l'on nommera ici C.

V.

Calcul des réſiſtances.

55. La méthode ordinaire de calculer les réſiſtances des carenes pour toutes les ſituations, étant extrêmement longue, j'ai tâché de l'abréger. Ce n'eſt que par une comparaiſon fréquente de l'expérience & des réſultats donnés par la théorie, qu'on peut en reconnoître la conformité, & il ſeroit à craindre que des opérations très longues & très-ennuyeuſes ne fuſſent preſque jamais entrepriſes.

On diviſera la ſurface de la proue par pluſieurs plans verticaux & horizontaux, à égale diſtance les uns des autres ; les plans verticaux ſont repréſentés par ABCDEFG (*Figure* 27.) & les plans horizontaux, par 11. 22. 33. 44. La ſurface du maître gabarit ſe trouve ainſi partagée en divers trapezes, qu'on diviſe en deux triangles, par des plans qui vont d'une interſection à l'autre. Cette préparation, qui eſt la même que celle de M. Bouguer, étant faite, on trouve aiſément le ſinus d'incidence. Propoſons-nous le triangle dont DEM eſt la projection; on abaiſſe de ſon ſommet E, la perpendiculaire EO, ſur la baſe DM, ſenſiblement droite & prolongée, s'il eſt néceſſaire, on forme enſuite un triangle EOV, dont le côté EO eſt la longueur de la perpendiculaire, le côté EV eſt la diſtance des couples D & E ; priſes ſur le plan de longueur, l'angle OVE eſt le ſinus d'incidence de l'eau ſur cette partie, & la ligne OV eſt le ſinus total ; la réſiſtance qu'éprouve le triangle de pro-

jection DEM est diminuée dans le rapport de EO^2 à OV^2; il en est de même du triangle ELM ; &c. au reste l'opération graphique par laquelle on décrit ce triangle EOV est absolument inutile ; & on n'en parle ici que pour expliquer la méthode ordinaire de calculer.

La résistance absolue qu'éprouve le triangle DEM est égale à sa surface , & il est inutile de la multiplier par la distance d'une coupe à l'autre. Pour avoir la surface des triangles , il est commode de prendre l'excédent des largeurs des différentes coupes, & de supposer la distance des lignes d'eau de 20 parties égales, pour qu'en multipliant les bases ou excédens des largeurs par la moitié de leur hauteur, il n'y ait qu'un 0 à ajouter , & que la surface du triangle soit multipliée par un nombre suffisant de parties : on évite par-là les multiplications en pieds , pouces & lignes , lesquelles sont toujours incommodes.

La supposition d'un nombre à volonté pour exprimer les distances des lignes d'eau , n'altere pas le rapport des impulsions absolues & relatives. On prend eusuite avec un compas qui reste fixe, la distance d'un coupe à l'autre , & avec un autre compas la longueur de la perpendiculaire E O ; qu'on porte sur la ligne des plans du compas de proportion de 10 à 10, de 1 à 1 , ou sur quelqu'autre nombre par lequel la multiplication soit facile. Le compas de proportion restant ainsi ouvert, le compas fixe sera porté sur cette même ligne des plans , d'un nombre à l'autre correspondant. Je suppose que la perpendiculaire EO , allant de 10 à 10, l'ouverture du compas fixe aille de 52 à 52 , ce qui , par la construction de la ligne des plans, montre le rapport du quarré de la perpendiculaire , & celui de la distance des couples ; le quarré du sinus total , qui est égal à la somme des deux autres, est 62 ; ainsi on multiplie la surface par 10 & on la divise par 62 , le quotient est l'impulsion relative. Si le sinus d'incidence étoit assez petit pour qu'étant porté de 1 à 1 , l'ouverture du compas fixe excédât celle de l'extrémité de la ligne des plans, il faudroit le doubler ou le tripler ; alors on quadrupleroit , ou on multiplieroit par 9 , le nombre sur lequel tombe le compas fixe.

Le compas de proportion seroit plus commode pour cette

opération, ſi prolongeant la ligne des plans vers le centre, on y marquoit les points de $\frac{1}{5}$ & $\frac{1}{10}$, ce qu'il eſt très-facile de faire exécuter; alors on multiplieroit par 5, ou par 10, le nombre ſur lequel tombe le compas fixe.

Il ne reſte plus que cette analogie à faire : la demi-largeur en parties égales multipliée par la hauteur du tirant d'eau au milieu, auſſi meſurée en parties égales: la demi-largeur en pieds & pouces multipliée par le même tiraut d'eau en pieds & pouces : : la ſomme des réſiſtances relatives : plan réſiſtant; à la vérité, il ſemble que l'on n'ait qu'une moitié du plan réſiſtant, puiſqu'on n'a meſuré qu'une moitié, mais auſſi (*par le No. 46*) il ne faut prendre que la moitié des réſiſtances ordinaires, quand on calcule les deux ſurfaces antérieures & poſtérieures, comme eſt utile de le faire.

Ce que je nomme le compas fixe ſert pour toutes les diſtances de couples égales; lorſqu'elles ſont inégales, comme il arrive vers les extrêmités, il faut en prendre à chaque fois les diſtances.

Les rapports ainſi trouvés ſont employés pour toutes les autres réſiſtances latérales ou verticales. Les triangles latéraux ſe prennent ſur le plan de longueur & ſont égaux, à la réſerve de ceux des extrêmités.

Les triangles de projection pour la réſiſtance verticale ſe prennent ſur le plan des lignes d'eau, & quand les diſtances des couples entr'elles, ainſi que les diſtances des lignes d'eau ſont égales; connoiſſant la réſiſtance directe, une ſeule analogie ſuffit pour connoître la verticale. La diſtance des lignes d'eau: intervalle des coupes : : réſiſtance relative directe : réſiſtance verticale. Pour la partie compriſe entre le dernier couple & l'étrave, il faut la traiter ſéparément, à cauſe de la diverſité des longueurs des triangles de cette partie.

Dans les routes directes, il n'y a pas d'impulſion latérale réſultante, parce que celles d'un côté détruiſent celles de l'autre; il faut maintenant montrer à calculer les routes obliques.

56. L'augmentation des réſiſtances directes, lorſque les routes ſont obliques, eſt(*par le N 51.*) $2\, m^2\, dy - 2 \int \frac{dy^3}{dx^2 + dy^2}$. Lorſque

cette formule eſt appliquée aux ſurfaces élémentaires, elle eſt ſ2 m^2 A $\left(\frac{x^2+y^2}{x^2+y^2+z^2} - 2\frac{Y^2}{x^2+Y^2}\right)$: la deuxieme partie de la formule eſt double de l'impulſion directe, la premiere partie eſt la ſurface des triangles, diminuée dans le rapport des quarrés des lignes x & y, & des lignes x, y & z : on fera donc une ſomme des valeurs de ces triangles ainſi diminués, & on en retranchera le double de l'impulſion directe : on multipliera le reſte par le quarré du ſinus de l'obliquité.

La réſiſtance latérale exprimée par $2mn\left(y - \frac{y^3}{x^2+y^2}\right)$ ſe trouve par les mêmes réflexions ; elle devient $2mn\,A\left(\frac{x^2+y^2}{x^2+y^2+z^2} - \frac{Y^2}{x^2+y^2}\right)$: ainſi de ces triangles diminués par la double inclinaiſon, on retranche l'impulſion directe & on multiplie ce reſte par le ſimple rectangle formé par le ſinus & le coſinus de l'obliquité, pour éviter d'en prendre enſuite la moitié (*ſuivant le N°. 46.*] La réſiſtance verticale ſe calcule par les mêmes moyens que la réſiſtance directe, les ſeuls triangles de projection ſont différens.

On s'eſt attaché principalement dans cette méthode à éviter les opérations graphiques, & à ne pas l'aſtreindre à des diſtances égales, que la forme des extrémités ne permet pas en cette partie ; ce qui la rend plus générale que celle de M. Bouguer.

57. Dans les routes obliques, la formule, quand la dérive excede l'angle du côté du Vaiſſeau avec la parallele à la quille, n'eſt pas la même. Pour calculer cette partie il faut voir ſur le plan des lignes d'eau le point où l'angle de la dérive eſt tangent ; à compter de ce point vers le milieu, la réſiſtance eſt égale à la ſurface des triangles élémentaires de longueur diminuée pour l'inclinaiſon, & multipliée par le quadruple du rectangle du ſinus & du coſinus de l'obliquité, ou plutôt par le double pour éviter d'en prendre enſuite la moitié [*ſelon le N. 46.*].

On trouvera à la fin de ce Traité un exemple de ces calculs, qui eſt néceſſaire pour une exacte intelligence des opérations.

Il ne reſtera plus qu'à examiner ſur quelles directions s'exercent ces diverſes impulſions ; pour cela on conſidere chaque impulſion

impulsion; comme si elle étoit réunie dans le centre de gravité de son triangle de projection, & on cherche les momens par rapport à un point quelconque, conformément au grand principe de statique qu'on a exposé en traitant du centre de gravité.



CHAPITRE VIII.

Des Conoïdes de moindre résistance.

I.

58. QUOIQUE la forme des conoïdes de moindre résistance ne puisse être adaptée aux Vaisseaux, nous croyons ne pouvoir nous dispenser de les examiner. Lorsque nous reviendrons ensuite aux figures que la pratique a fixées pour divers Navires, on sera plus à portée d'en apprécier tous les avantages.

Toutes les tranches qui forment la proue, étant semblables, il doit y avoir un rapport entre leurs distances, qui fait que la résistance est diminuée le plus qu'il est possible.

Si, par exemple, on connoît les deux extrémités A & B d'un solide que nous supposons circulaires, & dont les diametres sont 1 & 9, pour que la résistance soit diminuée le plus qu'il est possible, le cercle C qui a un diametre moyen 5, ne doit pas être au milieu de la distance, mais il doit être plus éloigné du plus grand cercle B, & la raison en est apparente. Les couronnes formées par la différence des cercles A, C & C, B sont 24 & 56; c'est donc sur cette plus grande couronne qu'il importe le plus de porter la diminution; mais il y a des limites qu'il faut découvrir. Cette question étant une de celles qu'on nomme *de maximis & minimis*, il est à propos d'en rappeller les principes.

Ce qu'on appelle une quantité parvenue à son *maximum* ou à son *minimum*, est une quantité parvenue à son plus grand ou son moindre degré. De cette définition il suit que, tant qu'elle augmente, elle n'est pas parvenue à son *maximum*, puisqu'un instant après elle est plus grande : il en est de même du *minimum*; ainsi lorsqu'une quantité est la plus grande ou la moindre possible, son accroissement ou sa différence est nulle. Cette regle

eſt générale pour les quantités qui ont des limites : on peut même obſerver dans les choſes de pratique, que, quand elles ſont près du point où eſt le *maximum*, une foible variation dans la poſition n'apporte qu'un changement inſenſible dans la quantité.

C'eſt par le moyen de ces réflexions qu'on trouve le *maximum* ou le *minimum* dans les queſtions qu'on propoſe ; à la vérité la différence étant nulle pour l'un ou l'autre, il reſteroit une incertitude, ſi la conſidération du problême qu'on veut réſoudre, ne faiſoit voir lequel de ces deux cas a lieu.

59. Pour revenir maintenant à la queſtion propoſée, ſoient les couronnes A, B (*Figure 28.*) dont les aires ſuivent le rapport de 1 à m. Je ſuppoſe maintenant que leur diſtances ſoit IL, mais qu'on propoſe de la partager en deux parties, Il & lL, enſorte que les réſiſtances qu'éprouvent les deux couronnes priſes enſemble, ſoit la moindre poſſible. Soit Il, X, lL, x: les ſurfaces des couronnes A & B, dont la largeur eſt a, ſont a & $m\,a$, & les réſiſtances ſeront en général $m\,a \frac{\cdot\, a^r}{(\sqrt{a^2+X^2})^r}$ & $a \frac{\cdot\, a^r}{(\sqrt{a^2+x^2})^r}$ qui lorſqu'elles ſuivent la loi des quarrés des ſinus d'incidence, & qu'on ſuppoſe $a=1$, deviennent $\frac{m}{X^2+1}$ & $\frac{1}{x^2+1}$. Les ſeules longueurs Il & lL ſont ſuſceptibles de variation, & il faut, quand la réſiſtance eſt à ſon moindre degré, qu'une variation infiniment petite dans ces longueurs n'en change pas la quantité, ou que ſa différence ſoit nulle, elle eſt $-\frac{2\,m\,X\,dx}{(X^2+1)^2} - \frac{2\,x\,dx}{(x^2+1)^2}$: mais comme Il $=$ X ne peut augmenter, ſans que lL, ou x ne décroiſſe, ſi dx eſt poſitif pour X, il ſera négatif pour x, ainſi il faut en changer un des ſignes, & la différence eſt $\frac{2\,m\,X\,dx}{(X^2+1)^2} - \frac{2\,x\,dx}{(x^2+1)^2} = 0$ & diviſant par $2\,dx$, on a $\frac{m\,X}{(X^2+1)^2} = \frac{x}{(x^2+1)^2}$, ou enfin $m\,(x^3+2\,x+\frac{1}{x}) = X^3+2\,X+\frac{1}{X}$; & cette derniere partie de l'équation eſt toujours proportionnelle à m, ou au rapport des aires des couronnes, & cela, ſoit qu'elles

ſoient finies, ou infiniment petites. Il eſt ſeulement à propos d'obſerver que, quand elles ſont infiniment petites, elles ſont proportionnelles aux largeurs ou ordonnées, & ſi on les nomme y, alors $m=y$ & X n'eſt autre choſe que la ſous tangente du conoïde.

60. Les largeurs étant dans le rapport de $X^3 + 2X + \frac{1}{X}$, leurs accroiſſemens ou différences ſont comme $3X^2dX + 2dX - \frac{dX}{X^2}$; on peut donc dire y ou $\int dy : \int(3X^2dX + 2dX - \frac{dX}{X^2})$ qui lui eſt égal : : dX ou X ſous tangente, a un quatrieme terme qui lui ſera pareillement égal. C'eſt $\int(3X^3dX + 2XdX - \frac{dX}{X})$ qui eſt la ſomme des dX, mais ſous une autre expreſſion; elle eſt $\frac{3}{4}X^4 + X^2 - LX - A$. Ce dernier terme eſt une conſtante qu'il faut déterminer. Pour cela il faut voir ſi le conoïde a quelque largeur au ſommet, & quel eſt l'angle de l'ordonnée avec la ſous tangente.

Soit (*Figure* 29.) AB que je nomme b, le diametre de la baſe d'un cone, ou le côté de la baſe d'une pyramide. La ſurface ſera proportionnelle à b^2. Suppoſons maintenant que la hauteur de cette pyramide tronquée CH ſoit fort petite, & qu'elle ſoit exprimée par a; que b décroiſſe d'une quantité y ou AL, qui peut être plus ou moins grande, pourvu que le total des réſiſtances ſur les ſurfaces qui recouvrent AB, ſoit un *minimum*. La réſiſtance ſera $b^2 - \frac{2ba^2y + a^2y^2}{a^2 + y^2}$ qui quand a eſt infiniment petit par rapport à b, devient $b^2 - \frac{2ba^2y}{a^2+y^2}$ qui doit être un *minimum* ou $a^2\,dy + y^2\,dy$ doit égaler $2y^2\,dy$ ou $y = a$, ainſi l'angle au ſommet eſt 45ᵈ. Ce réſultat eſt le même que celui de Newton (*Liv. II. prin. ſch. prop.* 34) où il examine les cônes tronqués de moindre réſiſtance; lorſque la hauteur eſt infiniment petite, la longueur de la ſous tangente eſt égale à l'ordonnée, & un tel cône tronqué ſe confond avec le conoïde d'une hauteur infiniment petite. Au ſommet de la courbe $\frac{dX}{dy}$ ou $\frac{X}{y} = 1$ & la quantité $\frac{3}{4}X^4 + X^2 - LX - A$,

ou $\frac{3}{4} + 1 - 0 -$ A devant être égale à o, $A = \frac{7}{4}$ & non pas $\frac{5}{12}$, comme l'a fait M. Bouguer ; ce qui rend ſon conoïde trop obtus au ſommet, & le prolonge au delà de ce qu'il doit être : au reſte, ce n'eſt qu'une quantité inſenſible à corriger dans ſa Table. La premiere ordonnée doit être celle exprimée par 400, les abciſſes doivent être diminuées de 78.

On a obſervé que les différences étant nulles, ſoit que l'on cherche le *maximum* ou le *minimum*, la ſeule conſidération du problême peut le déterminer : il eſt certain que la courbe trouvée ne donne pas un *maximum* de réſiſtance, car le *maximum* eſt lorſqu'il n'y a aucune proue ; elle eſt donc le *minimum.*

J'ai cru qu'il étoit utile d'entrer dans une explication de cette ſolution, quoique néceſſairement plus compliquée que tout ce qui a été traité juſqu'ici ; parce que toutes les autres s'y rapportent, que M. Euler même n'a pas cru la ſolution aſſez déterminée. (*Scien. Nav.* 698).

61. Pour ce qui concerne les réſiſtances qu'éprouvent les conoïdes, il eſt certain que les réſiſtances abſolues ſont proportionnelles au quarré des largeurs ou aux ſurfaces : elles ſont donc comme $(X^5 + 2X + \frac{1}{X})^2$ rapportées aux ſous tangentes, les réſiſtances relatives ſont comme les ſurfaces choquées & comme le quarré du ſinus d'incidence. Elles ſont en général $2y\,dy \frac{dy^2}{dX^2 + dy^2}$, ou comme $(6X^5 + 16X^3 + 12X + 0 - \frac{2}{X^3}(dX \frac{dy^2}{dX^2 + dy^2})$ & comme $dX = \frac{X\,dy}{y}, \frac{dy^2}{dX^2 + dy^2} = \frac{1}{X^2 + 1}$; la réſiſtance pour l'élément de la ſurface eſt $(6X^5 - 16X^3 + 12X + 0 - \frac{2}{X^3})\,dX$ diviſé par $X^2 + 1$. L'intégrale eſt $\frac{3X^4}{2} + \frac{10}{2}X^2 + 2LX + \frac{1}{X^2} +$ A conſtante de 8. 50 parties ; ainſi ſi l'on veut ſavoir quelle ſeroit la réſiſtance relative, quand $X = 3y$. La réſiſtance abſolue eſt le quarré de $33\frac{1}{3}$, ou 1111 : la relative eſt 121. 5 + 45. 0 + 2. 2 + 0. 1 + 8. 5 ou 188, elles ſont à peu près :: 6 : 1 ou :: $\frac{2X^2}{3} + \frac{4}{9}\frac{28}{27X^2}$.

Il ne reſte plus qu'à donner quelques dimenſions du conoïde:

la premiere colonne exprime le rapport de la ſous tangente à l'ordonnée, la deuxieme la longueur de l'abaiſſe, la troiſieme celle de l'ordonnée pour divers points du conoïde.

Sous Tangentes	Abcisses.	Ordonnées.	Sous Tangentes.	Abcisses.	Ordonnées
1. 0	00	4. 00	4. 0	204. 87	72. 25
1. 5	3. 90	7. 04	4. 5	324. 63	100. 34
2. 0	14. 56	12. 50	5. 0	490. 40	135. 20
2. 5	32. 88	21. 02	5. 5	713. 08	177. 55
3. 0	66. 91	33. 33	6. 0	1004. 46	228. 17
3. 5	121. 80	50. 15	6. 5	1377. 42	287. 77

I I.

Conoïdes de moindre réſiſtance, l'impulſion étant en raiſon des ſinus d'incidence.

62. On doit à l'incertitude qui regne encore ſur la véritable loi des impulſions du fluide, d'examiner l'hypotheſe où les fluides agiſſent en raiſon des ſinus d'incidence. Cet examen ne ſera pas ſans utilité, car où les deux hypotheſes donneront des figures très-différentes, & ce ſera un moyen de plus de reconnoître la loi réelle par le moyen de quelques obſervations, où elles donneront des conoïdes peu différens; alors on retirera la même utilité en employant l'une ou l'autre de ces figures.

Pour trouver les rapports des ordonnées & dimenſions du conoïde, la réſiſtance $m\,a\,\frac{a^r}{\sqrt{(a^2+X^2)^r}} + a\,\frac{a^r}{\sqrt{(a^2+x^2)^r}}$ qui eſt l'expreſſion générale trouvée (*N°* 60.), faiſant a & $r=1$, puiſque la réſiſtance ſuit la raiſon ſimple des ſinus, devient $\frac{m}{\sqrt{(X^2+1)}}$ & $\frac{1}{\sqrt{(x^2+1)}}$ dont la différence doit être égale à o ou $\frac{mX}{(X^2+1)^{\frac{3}{2}}} = \frac{x}{(x^2+1)^{\frac{3}{2}}}$ & $X^4 + 3X^2 + 3 + \frac{1}{X^2}$ eſt proportionnel à m^2 ou au quarré de l'ordonnée y eſt à peu près $X^2 + \frac{3}{2} + \frac{3}{8X^2}$ — &c.

& l'abciſſe qui eſt égale $\int X\,dy$ eſt $\frac{2X^3}{3} + \frac{3}{4}X - A$ & A. =, à peu près 2.00 parties.

Pour chercher l'angle au ſommet de la courbe, la largeur y de la couronne étant infiniment petite par rapport à b (*Fig.* .) la réſiſtance totale $bb - 2by + \frac{2by^2}{\sqrt{(a^2+y^2)}}$ doit être un *minimum* ou la différence de $-y + \frac{y^2}{\sqrt{a^2+y^2}}$ doit être un *minimum* ou $2a^2y + y^3 = (a^2+y^2)^{\frac{3}{2}}$ & $y - (\sqrt{\frac{5}{4}} - \frac{1}{2})^{\frac{1}{2}} a = 0.786$ ſi on fait $a = 1$ & ſi $y = 1$, $a = 1.272$.

Voici les dimenſions de ce conoïde.

SOUS TANGENTES.	ABCISSES.	ORDONNÉES.	SOUS TANGENTES.	ABCISSES.	ORDONNÉES.
1. 272	0. 00	3. 16	5	81. 00	26. 02
2	3. 66	5. 60	6	141. 33	37. 50
3	16. 25	10. 55	7	226. 50	50. 50
4	41. 20	17. 50	8	338. 00	65. 50

Le rapport des diminutions de réſiſtances eſt celui de $\frac{4}{5}X^5 + 4X - \frac{3}{2X} - A : X^4 + 3X^2 + 3 + \frac{1}{2X^2}$ & $A = 6$ à peu près.

Nota. Quand on veut calculer la réſiſtance d'un Vaiſſeau par les méthodes d'approximation, ſuivant cette hypotheſe, on fait les mêmes préparations (*des N°s 55 & 56*). La ſeule différence, c'eſt qu'on porte les perpendiculaires (*Figure 25.*) ſur la ligne des parties égales du compas de proportion. Il faut abſolument prendre les hypothénuſes par une meſure actuelle.

III.

Conoïde de la plus grande vîteſſe.

63. On ne cherchera les conoïdes de la plus grande vîteſſe

que dans l'hypothefe ordinaire des réfiftances. On fait que la marche des Vaiffeaux, abftraction faite de quelques circonftances qui ont lieu dans la pratique & que nous traiterons ci-après, eft en raifon non-feulement de la plus grande réfiftance, mais encore de la plus grande étendue de voiles qu'on peut porter; mais la ftabilité étant la même, on portera une plus grande ou une moindre quantité de voiles, felon qu'on les augmentera en hauteur ou en largeur, fuivant la pofition du centre de la charge relativement à celui de la carene & felon l'obliquité des routes. Nous fuppoferons ici les centres de la charge & de la carene réunis, & que l'augmentation des voiles fe fait dans le fens de la largeur, parce que cette folution convient auffi aux cas où le centre de la charge étant à la moitié de la diftance du metacentre au centre de gravité, on augmente les voiles en hauteur.

On fe contentera de donner les réfultats principaux.

La proue de la plus grande vîteffe étant en raifon directe de la plus grande ftabilité & inverfe de la réfiftance, eft $\int y^3 dx$, divifé par $\frac{\int y\, dy^3}{dx^2 + dy^2}$, & faifant dy comparé aux $dx = 1$ elle eft $\int y^3 dx$ divifé par $\int \frac{y}{(dx^2 + 1)}$ qui réduits felon la méthode (*du N 60.*) donne $y^2 = X^3 + X$, & la fous tangente eft à peu près $\frac{2}{3} X^{\frac{3}{2}} - X^{\frac{1}{2}}$ &c. A qui n'eft guere que $\frac{3}{10}$, ce qui donne la Table fuivante.

SOUS TANGENTES.	ABCISSES.	ORDONNÉES.	SOUS TANGENTES.	ABCISSES.	ORDONNÉES.
1. 463	0, 0	2. 15	6.	50	14. 90
2	1. 8	3. 17	7.	75	18. 70
3	7. 5	5. 48	8.	106	22. 80
4	17. 0	8. 25	9.	142	27. 20
5	31. 3	11. 40	10.	182	31. 70

Il eft inutile d'entrer dans une plus grande difcuffion, car indépendamment de toutes les caufes qui font varier cette folution, & qu'on a rapportées ci-deffus, qui feroient même que la

la proue de la plus grande vîtesse au plus près ne seroit pas celle qui conviendroit vent arriere ; comme la stabilité ne dépend que de la flottaison, la proue de la plus grande vîtesse ne devroit différer de celle de la moindre résistance que dans cette partie, & la solution est donc réellement défectueuse : à la vérité on a été obligé de supposer que la base est la même que celle du conoïde de moindre résistance, & qu'il ne s'agit que de la recouvrir par des figures semblables dont il faut régler les intervalles.

On a réuni dans la même Figure 30, cette proue & celles des conoïdes de moindre résistance dans les deux hypotheses principales; on a supposé que les longueurs & largeurs des Vaisseaux suivent le rapport de 4 à 1 pour ces trois proues, & que leurs bases est la même : par ce moyen il est plus facile de juger de la différence de forme qui résulte de ces diverses suppositions. Mais en général la pratique exclut ces figures, parce qu'elles ont trop peu de stabilité & de déplacement.

64. Nous nous proposerons une question plus applicable à la pratique, & dont on doit la premiere idée à M. Euler. Le déplacement étant une des données essentielles, on fera entrer cette considération, on supposera la forme de la maîtresse coupe circulaire, les longueurs, largeurs & déplacement donnés, & l'on cherchera la forme que doit avoir le Navire pour éprouver la moindre résistance.

64. Pour concilier, autant qu'il est possible, les diverses qualités des Vaisseaux, nous supposons ici le déplacement donné, ainsi que la longueur & la largeur ; nous supposons en outre qu'un tel Navire est composé de deux parties, celle qui est vers les extrêmités, qui est le conoïde de moindre résistance, l'autre au milieu où la principale largeur se conserve. Cette figure est avantageuse pour la marche, ayant la moindre résistance possible ; on trouveroit même quelques Navires qui n'en sont pas fort différens.

Il est évident que les axes étant donnés, le déplacement le plus foible que puisse avoir le Vaisseau, est celui qui résulte du conoïde de moindre résistance ; car si on rendoit la proue encore plus aiguë, il n'en résulteroit que des désavantages : la

ſtabilité ſeroit moindre, & la réſiſtance augmenteroit; mais il arrive toujours qu'on eſt obligé de donner aux Navires, une capacité plus grande que celle du conoïde.

Tout le monde ſait, & on a vu dans le premier Chapitre que la capacité d'un corps eſt égale à celle de tous ſes élémens; ainſi la capacité d'un Vaiſſeau eſt égale à la ſomme de tous les déplacemens particuliers compris entre les diverſes coupes, ſoit verticales ou horizontales. Celle d'un Priſme ou d'un corps compoſé de coupes ſemblables, eſt exprimée par la formule $\int yydx$; & comme on a vu (nº 59) que $y = x^{3} + 2x + \frac{1}{x}$, & que $dx = 3x^{3}dx + 2xdx - \frac{dx}{x}$ la ſolidité eſt $\frac{3x^{10}}{10} + \frac{14x^{8}}{8} + \frac{25x^{6}}{8} + \frac{20x^{4}}{4} + \frac{5x^{2}}{2} + Lx + \frac{1}{x^{2}} - 14$. Pour ſimplifier cette valeur & la rapporter à une quantité connue, on la réduira au cube de la plus grande largeur, ou $y^{3} = b^{3}$. Cette quantité devient $b^{3}\left(\frac{3x-}{10}\frac{1-}{20x}\frac{1\ \&c.}{30x^{3}}\right)$ en ſorte que ſi x eſt 2, ou ſi la ſous tangente eſt double de l'ordonnée à la baſe, cette quantité devient $\frac{137}{240}b^{3}$; ſi $x = 3$; elle eſt $\frac{211\frac{1}{3}}{240}$; ſi $x = 4$, c'eſt $\frac{284}{240}$; ſi $x = 5$, c'eſt $\frac{357\frac{1}{2}}{260}$; ſi $x = 6$ on a $\frac{430\,b^{3}}{240}$.

65. On a calculé les ſolidités pour les cas où le rapport des longueurs aux largeurs, étant celui de 41, les maîtreſſes coupes occupent différens eſpaces, la carene étant formée en conoïde; le déplacement eſt 394 parties dont la carene en priſme occuperoit 960.

Si la premiere coupe occupe $\frac{1}{8}$ de la longueur, la ſolidité eſt 464 parties; ſi elle occupe $\frac{1}{4}$, la ſolidité eſt 539; ſi elle occupe $\frac{3}{8}$ la ſolidité eſt 613; pour une demi longueur, la ſolidité eſt 692; pour $\frac{5}{8}$, elle eſt 773; pour $\frac{3}{4}$, elle eſt 857; pour $\frac{7}{8}$, elle eſt 934; enfin ſi elle continue pendant toute la longueur, la ſolidité eſt 960.

Cette Table, comparée avec celle du conoïde de la premiere hypotheſe, ſuffit pour calculer tous les Vaiſſeaux par le moyen des parties proportionnelles. Je ſuppoſe que la longueur d'un Navire n'étant que triple de ſa largeur, on cherche quelle doit être la longueur du conoïde, pour que la ſolidité ſoit les

deux tiers du prifme formé fur la maîtreffe coupe: ce prifme ayant fa longueur triple de la largeur, auroit 720 de folidité dont les deux tiers font 480. Pour réduire ce Navire à celui de la Table, je le fuppofe allongé d'un tiers, & que la maîtreffe largeur fe conferve dans cet efpace; la folidité du Navire propofé augmentera de deux cens quarante parties, & fera fept cens vingt: alors on trouve que la maîtreffe largeur fe conferveroit pendant $\frac{13}{24}$ de la longueur, & que le conoïde en occupe $\frac{11}{24}$. Il n'y a plus qu'une réflexion à faire pour rapporter le Navire à celui de la Table; on a fuppofé que la maîtreffe largeur fe conferve pendant un efpace égal à la largeur, de plus qu'elle ne fait effectivement; on a fuppofé pareillement la longueur plus grande de cette même quantité; ainfi elle n'eft effectivement que de dix-huit parties, au lieu de vingt-quatre, & la maîtreffe largeur fe conferve feulement pendant cinq parties, la longueur du conoïde refte la même.

On ne doit pas obferver que tout ce qui eft dit de la proue a lieu pour la poupe felon le nº 46.

J'ai principalement confidéré les conoïdes ou les coupes qui diminuent vers les extrémités, tant en hauteur qu'en profondeur, parce que les Vaiffeaux doivent être ainfi conftruits; je ne parle pas des proues du plus grand mouvement, parce que cette folution joint plufieurs caufes de variété à celles qui ont lieu pour la proue de la plus grande vîteffe, & que la figure de la proue du plus grand mouvement, vent arriere, n'eft pas celle qu'on trouveroit au plus près, ce qui rendroit cette folution trop vague.

Il n'a pas été poffible d'éviter dans ce Chapitre d'employer une Géométrie plus qu'élémentaire; on fuivra dans le refte de ce Traité la même méthode qui avoit été employée jufqu'ici.



CHAPITRE IX.

Théorie de la Mâture ou des effets de l'eau & du vent combinés ensemble.

I.

66. En examinant les efforts de l'eau, on a appris à trouver leur centre moyen. L'impulsion directe s'exerce dans une direction perpendiculaire au maître gabarit, dans tous les Navires où les deux moitiés sont semblables : s'il s'agit de routes obliques, le centre d'impulsion est toujours sous le vent, parce que c'est le côté où s'exerce le plus grand effort. Comme on sait que toute impulsion qui ne passe pas par le centre de gravité, donne un mouvement de conversion, & que le côté qui reçoit le plus grand effort, doit le plus céder à son action, il est visible que cette impulsion tend à faire arriver le Vaisseau, ou le faire présenter plus directement au courant. Son moment est égal au produit de la résistance directe par la distance horizontale de son centre au milieu ; ceci est fondé sur les principes les plus incontestables de la méchanique.

De même dans les routes obliques, l'impulsion latérale donne un mouvement de conversion, quand elle ne passe pas par le centre de gravité: si son centre est en arriere, l'effort est pour faire arriver, & par conséquent additif à celui de l'impulsion directe ; si ce centre est en avant, ce qui, vu l'état ordinaire de la construction arrive toujours, l'effort est pour venir au vent, & par conséquent opposé à celui de l'impulsion directe. Tout ceci est encore incontestable ; M. Bouguer & les autres Auteurs ne font entrer dans les calculs que l'avant des Vaisseaux, d'où il résulte que le centre des impulsions est beaucoup plus en avant. Je calcule l'avant & l'arriere. Dans l'incertitude où le Lecteur peut être, il est à propos qu'il calcule les Vais-

ſeaux dans l'une & l'autre de ces hypotheſes, & qu'il compare les réſultats avec l'expérience.

Le Vaiſſeau ne peut ſuivre conſtamment la même route, ſi l'effort de l'impulſion de l'eau n'eſt détruit par un effort égal & oppoſé. Cet effort eſt celui que l'on tire de l'action latérale du vent. Suppoſons, pour donner une idée claire de cette théorie, que l'impulſion directe ſoit égale à un plan réſiſtant de trente pieds réunis à quatre pieds du milieu, ſon effort pour faire arriver eſt cent vingt: ſi l'impulſion latérale eſt en même-temps de quarante pieds, & ſe réunit à huit pieds en avant du centre de gravité, ſon effort, pour faire venir au vent, eſt trois cens vingt; ainſi l'effort total, pour venir au vent, eſt deux cens: il faut donc que le moment de l'effort latéral ſoit égal à celui-ci.

C'eſt un principe que l'action & la réaction ſont égales & oppoſées; ainſi le Vaiſſeau ayant eu trente pieds de réſiſtance directe, & quarante de latérale, les efforts du vent décompoſés en directs & latéraux, ont ſuivi le même rapport; & l'effort du vent étant quarante, pendant que les momens doivent être deux cens, le centre d'impulſion du vent, doit être à cinq pieds, en avant du centre de gravité: & alors l'effort du vent qui tend à faire arriver, eſt égal à ceux de l'eau pour faire venir au vent: c'eſt donc dans ce point qu'on a montré a calculer, que doit être le centre des impulſions du vent; &, s'il n'y avoit qu'un ſeul mât, il faudroit l'arborer dans ce centre d'impulſion: mais s'il y en a pluſieurs, il faut que les voiles, de part & d'autre, ſoient en équilibre. Il eſt eſſentiel d'obſerver que ſi ce centre dépend de la proue uniquement, les mâts ſeront en équilibre autour du même point de l'avant, quel que puiſſe être le prolongement & la figure de l'arriere. On donnera le calcul de la poſition des mâts de l'unicorne dans cette hypotheſe, on y trouvera des contradictions avec l'expérience, telles qu'il ne ſera pas poſſible de douter qu'on ne doive auſſi calculer l'arriere.

67. Quand on attribue aux Vaiſſeaux la forme qu'ils ont le plus ordinairement, le centre des impulſions dans les routes peu obliques, coupe la quille environ à $\frac{1}{10}$ de la longueur en

avant du centre de gravité : mais ce point varie considérablement, il n'eſt le même ni dans les différens Vaiſſeaux, ni pour les différentes vîteſſes du même Vaiſſeau, ni lorſque la différence de tirant d'eau varie. On peut même regarder comme un à-peu-près utile, que *quand le Vaiſſeau eſt plus ſur l'avant de un pied & demi par l'arrimage, le centre d'effort de l'eau ſe rapproche de l'avant d'un pied environ.*

Pourvu que les voiles ſoient en équilibre autour de ce centre d'effort, on peut mettre telle variété que l'on veut dans les combinaiſons ; c'eſt ce qu'on remarque dans les petits Navires, les uns n'ont qu'un mât, non compris le beaupré, les autres deux ou trois ; les proportions de ces mâts varient ainſi que leurs centres d'effort ; auſſi la figure des petits Navires eſt-elle plus variée que celle des grands Bâtimens.

I I.

De la Figure qu'il faudroit donner aux Vaiſſeaux, pour qu'ils gouvernaſſent parfaitement bien, par le moyen des voiles.

68. Quand le Vaiſſeau ſuit une route conſtante, l'effort du vent, ſuppoſé conſtant, contrebalance l'effort de l'eau pour faire tourner la proue ; mais ſi cet effort diminue parce que le vent perd de ſa force, ou parce qu'on ſerre une partie des voiles, l'impulſion de l'eau ne diminuera pas dans le même rapport, au même inſtant ; ainſi l'effort du vent étant moindre que celui de l'eau, cet excédent d'impulſion portera le Navire au vent : ce premier effet eſt ſuivi d'un autre tout-à-fait oppoſé, le Vaiſſeau, par ſon détour, donnera lieu à l'eau de frapper une grande partie de la poupe, ce qui la fait arriver.

Cet accident ne peut avoir lieu ſi la direction du choc de l'eau paſſe par le centre de gravité, parce qu'elle ne donne alors aucun mouvement de converſion. Un grand nombre de figures rempliroient cet objet, telles ſont toutes celles où la proue & la poupe ſont ſemblables ; il n'en eſt même aucune où

cette condition ne pût être remplie, si elle étoit d'une grande importance; mais comme ce point varie selon les divers degrés de vitesse du Navire, & d'un instant à l'autre, il suffit que la distance du centre d'effort au centre de gravité, ne soit pas trop considérable.

69. M. Bouguer, ce savant estimable, dont on ne remarque les erreurs que parce que son ouvrage est trop utile, pour les y laisser subsister; ce savant qui a eu la gloire de porter la théorie dans un sujet où elle avoit jusques-là été étrangere, dont nous suivons même les principes, en regrettant qu'il ne les ait pas portés plus loin, après avoir entrevu quelque rapport avec la partie postérieure de la carene; ce savant, dis-je, nous fournit une observation très-utile.

« Lorsque le Vaisseau s'incline beaucoup dans les routes obli-
» ques, vu les gabarits ordinaires, le centre d'impulsion se porte
» plus avant; ainsi la position de la voilure restant la même, le
» Vaisseau vient plus au vent. M. de Radouay, ancien Officier
» Général de la Marine, fit heureusement usage de cette re-
» marque dans une occasion très-importante. Son Navire se
» perdoit infailliblement, à ce qu'il nous assure, si, pour le faire
» arriver, il n'eût fait passer la plus grande partie de son équi-
» page du côté du vent, pour diminuer l'inclinaison. Au reste,
» on voit que cette manœuvre ne doit réussir que dans les Vais-
» seaux d'une certaine forme; mais elle n'en est pas moins utile
» à connoître, puisque cette forme est celle que les Navires ont
» ordinairement ».

70. On vient de considérer l'effet des impulsions de l'eau, le mouvement de conversion horizontal qui en résulte; lorsque leur centre n'est pas dans l'axe vertical qui passe par le centre de gravité: il faut considérer à présent la même action, pour donner un mouvement vertical; mouvement qui éleve la proue & fait plonger la poupe.

L'impulsion directe, si elle s'exerce sur la même ligne horizontale où est le centre de gravité, ne fait plonger le Vaisseau ni en avant, ni en arriere; voyez (*Fig.* 31) qui représente une coupe longitudinale, & où G est le centre de gravité. Si l'impulsion moyenne est plus basse, comme en I, l'effort du fluide

ne peut repouſſer le point I en arriere, ſans que la ligne AM ne vienne *am*, ou que le Vaiſſeau ne plonge en avant: ſi l'impulſion agit ſur un point plus élevé que le point G, le Vaiſſeau au contraire plongera ſur l'arriere; ainſi l'effet de l'eau qui provient de l'impulſion directe, peut plonger le Vaiſſeau ſur l'avant ou ſur l'arriere; mais ce n'eſt jamais que d'une quantité inſenſible. L'effort du vent eſt toujours pour plonger le Vaiſſeau en avant: à cauſe de l'égalité de l'action & de la réaction, l'effort du vent dans les routes directes, eſt égal à celui de l'eau; ſon bras de levier eſt ſa hauteur moyenne au deſſus du centre O de la charge. Si donc on nomme P l'effort de l'eau ou du vent qui lui eſt égal, l'effort du vent pour faire incliner le Vaiſſeau, ſera P. F G: l'effort de l'eau qui lui eſt égal, ſera P. $\pm$ G I ou la ligne + a lieu, ſi I eſt plus bas que G, parce que les deux efforts produiſent le même effet, & le ſigne — ſi I eſt au deſſus de G; ainſi l'effort total eſt toujours FI.

III.

71. Il faut maintenant conſidérer l'effort de la pouſſée verticale. Par ſon excès d'impulſion ſur l'avant & ſon défaut d'impulſion ſur l'arriere, l'avant & l'arriere s'abaiſſent; mais le total de la pouſſée verticale reſte à-peu-près le même, & le Vaiſſeau a le même tirant d'eau au milieu. M. Bouguer a cru (pages 513 & 514 du Traité du Navire) que le Vaiſſeau s'élevoit dans ſa totalité. Ce réſultat différent vient de ce qu'il fait toujours abſtraction de la poupe; comme ce ſeroit le cas, ſi l'arriere étoit terminé par un plan vertical égal à la maitreſſe coupe; mais cette hypotheſe n'eſt que poſſible, elle eſt trop éloignée des principes de conſtruction, pour être admiſe.

Comme ces actions verticales agiſſent l'une en avant, l'autre en arriere du centre de gravité, & que la direction de leur effet eſt oppoſée, elles donnent un mouvement angulaire de converſion dans le même ſens, ou, ſi l'on veut, les deux forces élevent l'une & l'autre l'avant; ainſi le moment de l'action verticale de l'eau eſt toujours oppoſé à celui du vent, & ils doivent avoir des ſignes différens. Il eſt à propos de donner un exemple

exemple de calculs qui peuvent avoir lieu. Je ſuppoſe que l'impulſion verticale ſoit $\frac{40}{2}$ pieds réunis à 50 pieds en avant du centre de gravité ; que le défaut de cette impulſion ſur l'arriere, ſoit $\frac{35}{2}$ & le centre à 40 pieds en arriere; que le centre moyen de l'impulſion directe qui eſt $\frac{30+25}{2}$ ſoit réuni à 5 pieds au deſſous du centre de gravité ; l'effort total du vent ſera 25 pieds que je ſuppoſe à 80 pieds au deſſus de ce même point. L'effort, pour faire incliner ſur l'avant, ſera 25.(80 + 6) ou 2150 ; celui pour ſoulever l'avant, ſera $\frac{40}{2} \times 50 + \frac{35}{2} \times 40$ ou 1700 ; ainſi l'effort total ſera pour plonger le Vaiſſeau ſur l'avant, ce ſera 2150—1700 ou 450.

On remarque que la figure du Vaiſſeau étant donnée, il y a telle hauteur moyenne de voilure où l'effort du vent pour plonger & celui de l'eau pour élever l'avant, ſont égaux : il faut que le produit de la réſiſtance directe, par la réſiſtance de ſon centre à celui du vent, ſoit égal aux momens naiſſans de l'impulſion verticale : par exemple, ces derniers momens étant 1700, & la réſiſtance directe ou l'effort du vent qui lui eſt égal, étant 25, il faut que l'intervalle entre les centres de l'impulſion directe & du vent, ſoit 68, ou diviſer 1700 par 25; alors, par la ſuppoſition, le centre des voiles ſeroit à 62 pieds au deſſus du centre de la charge ; mais on n'a pas beſoin de le ſavoir, il faut ſeulement qu'il ſoit à 68 pieds au deſſus du point I; c'eſt cette hauteur qui eſt nommée *Point vélique :* il m'a paru préférable d'éviter la compoſition des forces, & examiner chaque effet en particulier, parce que c'eſt la marche la plus générale & la plus ſimple. On voit (n°. 46) la raiſon qui fait que l'on prend la moitié des impulſions calculées ; on peut ſe contenter de rapporter au milieu l'action verticale, ſans chercher le lieu du centre de gravité; il n'y aura jamais aucune erreur ſenſible. En général, plus les impulſions verticales comparées aux directes, ſont conſidérables, plus le point vélique eſt élevé parce que l'effort vertical eſt plus grand & a un plus grand bras de levier, & il en réſulte que *l'allongement d'un Vaiſſeau éleveroit ce point à-peu-près en raiſon du quarré des longueurs, ſi l'on pouvoit faire abſtraction des réſiſtances de l'étrave.*

M

72. On n'a considéré la hauteur du point vélique que relativement aux routes directes ; mais dans les routes obliques, il faut décompofer les actions de l'eau & regarder l'axe tranfverfal comme l'axe du mouvement ; du refte les principes font les mêmes.

Ce point vélique latéral eft toujours peu éloigné du centre de la charge, & à la moitié ou au tiers de la diftance du métacentre au centre de gravité. On peut toujours fuppofer que l'effort du vent, pour faire incliner, eft égal au plan réfiftant latéral, multiplié par la diftance du centre moyen latéral au deffus de la flottaifon : ceci n'eft qu'un à-peu-près. Cette théorie générale nous donne une regle de conftruction affez importante. *Tout le refte étant égal, la profondeur de tirant d'eau, augmente le bras du levier avec lequel le vent agit ; 1° parce que le centre d'impulfion directe eft plus bas ; 2° parce que le rapport de l'impulfion verticale à l'horizontale diminue ; cela peut faire une différence de 2 à 3 pieds.*

73. Comme on s'eft fervi plufieurs fois de cet axiome, que l'action & la réaction font égales, il eft effentiel d'en expliquer quelques circonftances, auxquelles on n'a pas donné toute l'attention qu'elles méritoient.

Suppofons un Navire retenu par fon centre de gravité, l'effort du vent fera plonger l'avant du Vaiffeau, & le moment de fon effort pourra être exprimé par celui de la quantité dont le Vaiffeau eft plongé ; mais fi le Vaiffeau n'eft pas retenu par fon centre de gravité, il fera pouffé en avant, & plongé fur l'avant ; toute la partie qui a eu fon effet, en plongeant le Vaiffeau, ne le pouffe pas de l'avant, & eft détruite par la réaction ; de même que la partie qui pouffe le Navire eft détruite par fon effet ; mais fi la réfiftance verticale empêche que le vent ne plonge ; alors il eft employé tout entier à pouffer en avant. C'eft une réflexion de la plus grande importance. On conviendra que cette partie de notre théorie qui eft nouvelle, fera conteftée : mais elle n'en eft pas moins certaine, & nous invitons nos Lecteurs à la vérifier ; on y verra la caufe de ces expériences fi difparates, qui ont lieu quand on cherche la réfiftance des fluides ; celle de ces inégalités de marche fans caufe apparente,

& qui ne peuvent être attribuées à un enfoncement insensible de la proue : c'est peut-être l'observation la plus importante de ce Traité de construction.

IV.

De la Vîtesse du Vaisseau.

74. On commencera par rechercher la vîtesse qu'un Vaisseau peut prendre dans les routes directes. On supposera que la densité de l'eau est à celle du vent comme 800 à 1 ; l'action du vent est en raison des densités & du quarré des vîtesses. Comme il s'en faut beaucoup que celle du vent soit infinie, par rapport à celle du Vaisseau, il n'agit que par la vîtesse relative. Il est évident que l'action du vent égale à l'étendue de la surface des voiles, multiplié par le quarré de la vîtesse relative, & la densité, est aussi égale à l'action de l'eau qui est le produit du plan résistant par le quarré de la vîtesse du Navire, & la densité de l'eau : on a calculé la Table suivante : la vîtesse absolue du vent y est toujours supposée de 60 parties : la premiere colonne est la vîtesse du Navire ; la seconde le rapport entre les surfaces des voiles & le plan résistant supposé 1, pour produire une telle vîtesse ; la troisieme suppose la surface des voiles ordinaires pour une Frégate telle que *la Sirene*, *la Thétis*, & montre quel devroit être le plan résistant pour produire la vîtesse de la premiere colonne.

30	800	7 pieds $\frac{1}{2}$	19	271	35 pieds	13	61	98 p. $\frac{1}{3}$
28	613	9 $\frac{1}{4}$	18	143	41 $\frac{1}{3}$	12	50	120
26	468	12 $\frac{1}{2}$	17	124	48 $\frac{1}{3}$	11	40 $\frac{1}{2}$	149
24	365	17	16	106	57	10	32	189
22	268	22 $\frac{1}{2}$	15	89	67 $\frac{1}{2}$	9	25	240
20	200	30	14	74	81	8	19	317

Comme dans les tempêtes où l'on ne met que la misaine ; la voilure est à peu-près $\frac{1}{5}$ de celle qu'on porte dans les beaux temps, les Vaisseaux les plus mal construits, prennent environ $\frac{1}{11}$ de la vitesse du vent ; mais ils font à peu-près par la force du vent seule $\frac{2}{3}$ de lieue ou à cause de la lame, 9 nœuds $\frac{1}{2}$ au plus, encore faut-il des vents prodigieux ; j'ai même remarqué qu'il leur est difficile de fuir la lame avec la misaine seule.

Je suppose dans ces calculs, faits principalement pour le beau temps, que la voile reçoit à peu-près la même impulsion que si elle étoit platte ; car dans la partie concave, il y a nécessairement de l'air qui n'a pas d'issue, qui est par conséquent pressé par le fluide, je ne regarderai cependant ceci que comme une hypothese : M. Euler nous a montré que ce qui a rapport à la courbure des voiles est insoluble ; elle dépend du poids de la voile, du degré & du rapport de l'élasticité des fils qui la composent, & forment la *chaîne* & la *trame* ainsi que du rapport de leurs grosseurs, des *ralingues* & du degré de leur tension & de la force du vent; toutes choses nécessairement variables, & qui ne peuvent être soumises aux expériences : vent arriere, je ne me suis pas apperçu que la courbure médiocre des voiles, ait nui à la marche ; mais c'est une observation que je ne donnerai que commme très-incertaine, au reste la théorie la confirme.

75. Dans les positions obliques, on ignore si l'air agit dans la raison du sinus d'incidence ou de son quarré. Les expériences que Newton a faites avec les pendules semblent indiquer la loi de sinus simples, & avec les globes tombans, on trouve la loi du quarré ; celles de M. de Borda ne donnent pas la même loi pour les surfaces courbes & droites : on examinera d'une maniere approchée, cette action du vent sur les voiles dans les deux hypotheses.

Les voiles des bâtimens mâtés en quarré font au plus près un angle moyen avec la quille de 30^{d} & 37 $\frac{1}{2}$ avec le vent. La surface des voiles, pour un bâtiment de 31 pieds de large, est environ 11200 pieds sans compter les voiles d'étay & de civadieres. La surface exposée au vent étant diminuée en raison de l'obliquité, & l'effort étant supposé diminuer encore dans le même rapport, la surface se réduit à 6830, & l'effort à 4160, frappés directement, & l'effort, pour aller en avant, étant

à l'effort total (*Fig.* 32) comme MO : CM n'est que 2080, la mâture & cordages font, pour aller en arriere, un effort d'environ 230 pieds, ainsi l'effort total à considerer est 2080 — 230 ou 1850.

Mais un Vaisseau qui marche bien, la mer étant belle, prend environ le tiers de la vîtesse du vent au plus, à peu de différence près, & il s'éleve au vent de $\frac{1}{4}$ de sa marche ou de $\frac{1}{12}$ de la vîtesse du vent, la dérive étant de 6 à 7[d], ainsi la vitesse relative du vent, sa vitesse absolue étant 60, est 65 parties, & son effort est $65^2 \times 1850$ surface des voiles : vent arriere, une telle Frégate auroit $\overline{40}^2 \times 5400$; ainsi le rapport des efforts est 100 & 123, & celui des vîtesses 10 au plus près, & 11 vent arriere.

Si l'on fait attention que cette solution suppose une telle Frégate bien en assiette au plus près & vent arriere, on verra que ces marches peuvent venir à l'égalité dans ces deux positions ; & qu'il est même possible qu'un Vaisseau aille au plus près plus vîte qu'il ne va vent arriere : il y auroit encore une moindre différence de vîtesse que celle que j'ai trouvée, si j'avois compté toutes les voiles, telles que les civadieres & voiles d'étay ; le rapport des marches ne seroit que 10 & 10 $\frac{1}{4}$. Quand on navigue à huit ou 12 quarts, la vîtesse augmente de près de $\frac{1}{3}$; à 10 quarts, il y a encore quelqu'augmentation.

Lorsqu'on calcule les vîtesses que doit avoir un tel Vaisseau dans les différentes routes, selon l'hypothese des résistances en raison des sinus d'incidence, toutes les vîtesses trouvées ci-dessus, sont plus fortes & principalement dans les routes les plus obliques, & la vîtesse au plus près seroit plus forte que vent arriere de $\frac{1}{7}$ ce qui, quand on mesure les vîtesses avec le lock ordinaire, paroîtroit donner environ $\frac{1}{4}$ de plus de vîtesse que vent arriere, à cause du transport du bateau de lock dans ces routes, ce qui me porte à croire qu'il faut suivre la maniere de calculer ci dessus ou celle des quarrés des sinus.

76. L'effort du vent, pour faire avancer le Vaisseau, est proportionnel au quarré du sinus d'incidence, multiplié par le sinus de la voile avec la quille ; car la partie de la surface qui reçoit le vent, est proportionnelle au sinus de son obliquité : la force

de l'impulsion eſt encore proportionnelle au ſinus de cette obliquité ; ainſi la quantité d'impulſion eſt comme le quarré de ce ſinus: mais une partie tend à pouſſer le Vaiſſeau latéralement, & l'autre à le pouſſer ſelon la direction de la quille, & cette derniere partie eſt comme le ſinus de l'angle de la voile avec la quille ; il y a donc une certaine obliquité qui doit donner la plus grande vîteſſe poſſible. Soit O l'obliquité de la voile, par rapport à la quille, & I le ſinus de l'angle d'incidence du vent ſur la voile: A le ſinus de l'angle du vent avec la quille : OII doit être un *maximum* ou 2 O. cos I = I. cos O dans le cas du *maximum* ou A = 3 O cos I par le (n° 50) ce qui donne la conſtruction ſuivante ; on prend le tiers de C A, ſinus de l'angle A (*Fig.* 32) qu'on marquera I, puis on tire LO parallele à P C, on a donc CM, CH :: MN : HR ou r : cos I :: Sin O : $\frac{\text{Sin O. cos I}}{r}$ = H R = par la conſtruction $\frac{A}{3}$.

Nota. On ſuppoſe qu'on ſait réſoudre le problême ſuivant; une baſe étant donnée, & une droite donnée de poſition ſur cette baſe; trouver ſur cette droite le point duquel tirant aux deux extrémités de la baſe, deux lignes, l'angle compris ſera droit. *Nota.* Dans l'hypotheſe des ſinus, on trouveroit que quand O I eſt un *maximum*, l'angle d'obliquité & d'incidence doivent être égaux.

Tout ceci ne peut être regardé que comme des ſolutions approchées, à cauſe de la courbure des voiles & des augmentations de réſiſtances, quand les routes ſont obliques ; de plus, dans les routes où le vent prend un peu de l'arriere, une partie des voiles couvre l'autre : il y a différens reflêts du vent: le vent d'ailleurs, après avoir frappé une ſurface d'une certaine étendue, prend une inflexion, enſorte qu'une ſurface égale, mais placée à une certaine diſtance de la premiere, recevroit encore de l'impulſion vers les bords, & d'autant plus qu'elle ſeroit plus éloignée ; on ne peut donc faire une table des vîteſſes qui convienne à tous les Vaiſſeaux en général : on doit ſe borner aux à peu-près tirés des calculs dont on a donné un modele (n° 75 ;) ce ſont ces conſidérations qui m'ont engagé à ne pas

donner les tables des vîtesses de M. Euler, parce qu'elles seroient inutiles.

77. Il en est de même de ce problême célebre de manœuvre où on propose de gagner au vent, le plus qu'il est possible, la solution seroit toujours imparfaite, portant sur une trop grande quantité de suppositions. Elle dépend de la quantité des voiles, & œuvres mortes, & manœuvres du Vaisseau, de la courbure des voiles & de la maniere dont se fait la décomposition de l'effort du vent, de l'assiette du Vaisseau, de la forme des fonds, de la force de la mer, enfin de l'ensemble de tout ce qui peut former des difficultés; ensorte que toutes les causes d'erreur s'accumulent & se multiplient. On s'en rapportera donc au manœuvrier attentif qui ne manquera pas de diriger sa route de maniere à remplir cet objet, s'il y a un peu de mer de l'avant, ou si son Navire marche mal, il naviguera moins près du vent: il lui suffira, pour se diriger, de savoir que la dérive est à peu-près en raison inverse du quarré de la vîtesse.

Avant de terminer les réflexions sur la marche des Vaisseaux, il faut porter nos attentions sur le mouvement apparent du vent. Si le Vaisseau qui a, par exemple, le vent par le travers, étoit supposé immobile, la direction & la vîtesse apparente du vent seroient les mêmes que les réelles; mais supposons-le en mouvement, il se formera un vent qui viendra de l'avant, par la même raison qu'une personne qui court dans un temps calme, ressent une fraîcheur, comme si le vent venoit du côté vers lequel il court. Si le chemin du Vaisseau est $\frac{1}{3}$ du vent, on formera, pour connoître la direction apparente du vent, un triangle rectangle ABC (*Fig.* 33.) dont le côté AB est la vitesse réelle du vent; le côté BC est la vîtesse du Vaisseau, AC. la vîtesse relative de l'air, & l'angle CBA, est la différence des directions réelles & apparentes, ensorte que le vent paroîtra prendre son origine en C, & dans cet exemple, le vent paroîtroit $29^{\circ}\frac{1}{2}$ plus de l'avant qu'il ne l'est réellement. Dans les calculs que nous avons faits jusqu'ici, nous avons supposé le vent réel, on en a calculé l'effort (n°. 75); mais il y a une déduction à faire sur cet effort, l'angle de la voile avec la

quille étant 30^d, & la ſomme des voiles étant 11200, l'effort ſe réduit à un effort de 2800, ou diminue, comme le quarré du ſinus de l'obliquité, & il n'y a encore qu'une moitié de cet effort qui pouſſe en arriere, ainſi c'eſt 1400; mais la vîteſſe du vent provenant du mouvement du vaiſſeau, étant $\frac{1}{3}$ de celui du vent réel, ſon effort eſt $\frac{1}{9}$, & par conſéquent il eſt égal au 9e de 1400 pieds ou 159 pieds, ce qui diminueroit de $\frac{1}{24}$, les vîteſſes de cet article, pour le plus près. En général lorſqu'on eſt en mer on ne voit plus que la direction & la vîteſſe apparente du vent; mais comme ces directions & viteſſes apparentes ſont compoſées de mouvemens réels, on les décompoſe pour avoir les autres mouvemens, de même qu'on a compoſé les mouvemens particuliers, ſavoir le mouvement du vent abſolu & celui qui vient de la vîteſſe du Navire pour avoir le mouvement apparent.

On a pu s'appercevoir de quelle utilité eſt la connoiſſance de la compoſition des mouvemens. On la retrouve à chaque pas dans le méchanique; on la retrouve dans le pilotage; car un Vaiſſeau qui fait 100 lieues au N E, fait deux routes de 70. 7 lieues au N. & autant à l'E; cette opération qui ſe fait journellement dans le pilotage, a lieu dans l'occurrence préſente, ſi au lieu d'un Vaiſſeau, il s'agit du vent qui faſſe 100 pieds par ſeconde au N E.

78. On trouve (Traité du Navire page 428): «Nous nous » imaginerons que pendant que le vent parcourt l'eſpace CG » ſur la direction VG (*Figure* 34) le Navire A B dont D E eſt » la voile paſſe par le mouvement de ſon ſillage de C en *c*; les » divers points de la voile fuiront par rapport au vent, de la quan» tité CF; & ne ſeront par conſéquent frappés que par le ſurplus » FG, dont le vent va plus vîte. Le Vaiſſeau eſt ici repréſenté » lorſqu'il va au plus près ou contre l'origine même du vent; » mais quoique le Navire avance vers le vent, ſa voile étant » ſuppoſée prolongée en F, coupe ſucceſſivement, à cauſe de ſa » ſituation, divers points F, dont le progrès ſe fait dans le » même ſens que celui des particules, & elle ſe ſouſtrait d'autant » plus à l'impulſion, pendant que divers parties du Vaiſſeau, &

» une

une voile diſpoſée d'une autre maniere, pourront être choquées avec plus de vîteſſe.

Cette opinion m'a paru devoir être diſcutée par l'expérience; on voit que la mer étant belle, il y a peu de différence de marche au plus près & vent arriere, ainſi le Vaiſſeau fuiroit plus le vent au plus près que vent arriere, à peu-près dans le rapport de 4 à 3. Cependant les ſens font voir en mer que le vent eſt plus fort au plus près que vent arriere, il en réſulteroit que la vîteſſe d'un Vaiſſeau au plus près, ne ſeroit pas même, dans les plus belles mers, la moitié de celle qui a lieu vent arriere; car la vîteſſe trouvée pour le Vaiſſeau, n° 75, ſeroit diminuée dans le rapport de 65 vîteſſe du vent, par notre hypotheſe à 30 vîteſſes, ſuivant le raiſonnement de M. Bouguer.

Il eſt aiſé de faire voir les conſéquences qui en réſulteroient. Je ſuppoſe que le vent ait une foible vîteſſe égale à celle d'un courant qui tranſporte le Navire de C en *c*, & que la voile DE fait avec le vent un angle de 30^d, alors le mouvement du Vaiſſeau lui feroit retrancher plus que la vîteſſe du vent; cette voile expoſée aux vents venant du côté V portée en partie par le courant vers V, ſe trouveroit avoir une impulſion oppoſée.

Nota. Le quartier de réduction eſt l'inſtrument le plus convenable pour réſoudre les divers problêmes qui ont rapport à la décompoſition des mouvemens.

Quoique l'on ait porté la théorie dans ces principes de la manœuvre; on ſe gardera bien de laiſſer penſer que ſon exécution doive être aſſujettie à la regle au compas. Il eſt avantageux ſur-tout dans l'objet que nous traitons de nous en rappeller les principes; il eſt encore aſſez utile de les avoir connus; mais le manœuvrier a un coup d'œil qui raſſemble les diverſes combinaiſons, & démêle ſur le champ ce qu'il doit faire. Tous les problêmes phyſiques qu'on peut réſoudre, ont des limites aſſez étendues, entre leſquels leur *maximum* ſe ſoutient : ce coup d'œil du manœuvrier

faiſit donc ce point avantageux : vouloir chercher plus de préciſion, ce ſeroit s'appéſantir inutilement. Peu de principes généraux , & le coup d'œil , ce ſont les parties que nous avouerons, ſans peine, être ſupérieures à une théorie timide.



CHAPITRE X.

De la Mer agitée.

79. POUR que ce Traîté ait une utilité réelle, il eſt néceſſaire de parler de la Mer agitée : cette conſidération modifie les regles qui ont été données précédemment. Qu'on ne s'attende pas à trouver ici un ſujet traité avec préciſion, il n'en eſt pas ſuſceptible; mais il donne lieu aux obſervations les plus utiles.

Quand la mer eſt agitée, il en réſulte une *réſiſtance accidentelle*, ſur-tout au plus près; ce que je nomme réſiſtance accidentelle, eſt celle qui fait que le tirant d'eau, la voilure & la vîteſſe des vents étant les mêmes, la vîteſſe du Vaiſſeau diminue : or il eſt certain que, quand la mer eſt agitée, quand on voit par l'inclinaiſon latérale que la force du vent eſt la même, la marche des Vaiſſeaux diminue ſouvent de plus de moitié de ce qu'elle feroit d'une belle mer. Après avoir calculé le *Défenſeur*, Vaiſſeau de 74 canons, la *Malicieuſe*, Frégate de 32 & quelques autres, il m'a paru qu'on pouvoit regarder la réſiſtance accidentelle comme égale à la ſurface abſolue d'une partie du maître couple qui auroit pour hauteur le quart de celle de la vague, prenant cette partie vers la flottaiſon. Ayant perdu ces calculs qui ſont très-ennuyeux, très-hypothétiques, je n'ai pas cru devoir les recommencer; il ſuffit d'avertir que le réſultat de cette ſuppoſition, eſt auſſi conforme à la perte de marche des Vaiſſeaux, qu'on peut le deſirer : cette eſpece de réſiſtance accidentelle que j'ai principalement reconnue dans des vents faits, augmente lorſque le Vaiſſeau préſente plus à la lame que 6 quarts, & peut devenir double de celle qui a été établie ci-deſſus, comme la plus ordinaire.

Mais quelle que ſoit cette quantité, il en réſulte que les Frégates ou petits Navires doivent perdre une plus grande partie

de leur marche au plus près que les Vaiſſeaux ; car leur réſiſtance accidentelle augmente dans la raiſon ſimple des dimenſions. Ainſi une lame de 4 pieds pour un Vaiſſeau de 40 pieds de large, donne la même réſiſtance accidentelle qu'une vague de 3 pieds pour une Frégate de 30 ; & la vague étant la même, la Frégate auroit $7\frac{1}{2}$ de plus de réſiſtance accidentelle, ſi les deux Navires étoient faits ſur le même plan ; ſuppoſant de plus que la réſiſtance naturelle de la Frégate eſt 30 pieds, celle du Vaiſſeau réduite à celle de la Frégate, ſeroit pareillement 30 : mais la réſiſtance accidentelle de la Frégate étant 30, celle du Vaiſſeau réduite ſeroit $22\frac{1}{2}$; ainſi le Vaiſſeau ſe trouveroit avoir une réſiſtance totale réduite de $52\frac{1}{2}$, pendant que la Frégate auroit 60 ; la marche du Vaiſſeau ſurpaſſeroit d'un quinzieme celle de la Frégate, quoique d'une belle mer, elles fuſſent égales.

Ce que j'appelle réſiſtance réduite, eſt celle qui eſt diminuée comme le quarré de la largeur : telle eſt l'explication de l'avantage des Vaiſſeaux, quand il y a de la mer de l'avant.

Ce n'eſt pas la même choſe vent arriere, quand on fuit la vague, à moins qu'il n'y ait beaucoup de différence entre la force du vent & la hauteur de la vague. (Voyez la table du n° 42).

80. Ce qu'il ne faut pas oublier, c'eſt que quelle que ſoit la proportion de cette réſiſtance accidentelle, elle eſt conſidérable au plus près. Cela nous fournit une obſervation très-importante, c'eſt qu'un Navire fait pour très-bien marcher au plus près d'une belle mer, mais qui n'auroit pas une grande ſtabilité, ne pourroit ſe relever d'une côte, dont un Navire qui auroit de la ſtabilité ſe releveroit ; car cette réſiſtance accidentelle qui eſt fort conſidérable dans ces temps, & eſt égale pour les deux Navires, rend le total des réſiſtances preſque égal.

Pour en donner un exemple, ſuppoſons deux Navires de 32 pieds de large, dont l'un ait 50 pieds de réſiſtance d'une belle mer, l'autre 25, le rapport des viteſſes ſeroit 5 & 7 ; ſi par la force des vagues, la réſiſtance accidentelle augmente de 96 pieds à chacun de ces Navires, ce rapport des réſiſtan-

ces qui étoit 1 à 2, devient celui de 5 à 6; il faut joindre à cela que, quand la dérive est forte, les résistances approchent de l'égalité; il ne reste peut-être que la différence de 10 à 11, & si le Navire qui a peu de résistance avoit une stabilité bien moindre, il ne pourroit se relever de la côte, pendant que l'autre Navire s'en releveroit. Quand la mer est belle, ce Vaisseau fait pour bien marcher, tiendroit le mauvais voilier avec la moitié des voiles; mais quand la mer est mauvaise, il en faudroit la même quantité, à peu de chose près; par cette raison, la proue de la plus grande vîtesse d'une belle mer, n'est pas la proue de la plus grande vîtesse d'un grand vent & d'une mauvaise mer, & dès-lors on voit le peu d'utilité des figures de moindre résistance.

J'ai dit, n° 77, que la dérive est en raison doublée inverse de la vîtesse; si un Vaisseau ayant une vîtesse de 100 parties à $\frac{1}{2}$ quart de dérive, & se trouve perdre la moitié de sa marche par des résistances accidentelles, quoiqu'il ait la même voilure & que le vent reste le même, sa dérive sera de deux quarts. C'est ce que j'ai observé plusieurs fois; ainsi toutes les parties de la physique se lient, & les expériences, pour l'exactitude du chemin, se trouvent être de la plus grande utilité pour appuyer nos regles de construction: on en donnera la raison, la résistance latérale est toujours presque la même, parce qu'elle est presque absolue, & sa différence n'est au plus que d'un cinquieme; mais cette résistance est l'effort de l'eau décomposé. Elle est proportionnelle au quarré de la vîtesse, & puisque cette vîtesse se trouve diminuée de moitié, son action sera diminuée d'un quart. Si l'on nomme V la vitesse du Vaisseau, & O le chemin fait en travers, la résistance latérale est V O; c'est toujours l'expression de la résistance latérale; donc si V diminue de moitié, la dérive sera double, & alors à cause que le chemin parcouru est moindre de moitié, cette dérive qui forme une quantité double, répondra à un angle quadruple à peu-près.



Remarques importantes.

81. La viteſſe du Navire fait que l'eau s'éleve contre l'avant, & ſe souſtrait de l'arriere, d'autant plus que les extrêmités ſont plus obtuſes : delà il arrive que le Vaiſſeau eſt toujours plus ardent, & que le point vélique ſe porte plus en avant par l'augmentation de la réſiſtance latérale ſur la partie de l'avant, & la diminution de celle de l'arriere : cet effet eſt fort conſidérable, & peut porter le point vélique 12 pieds plus en avant que ſon lieu calcule ordinaire : quelques expériences connues permettent de trouver cet effet qui confirme notre théorie. On ſait que l'eau faiſant 10 pieds par ſeconde, ou deux lieues par heure, s'éleve de 20 pouces, ſa hauteur décroît comme le quarré du ſinus d'inclinaiſon, ou comme le quarré de ſa vîteſſe relative, ce qui donne une flotaiſon réelle courbe, qu'on peut calculer ſuivant les regles communes : au reſte, cette élévation de l'eau ſur l'avant & l'abaiſſement vers l'arriere n'ont d'effet ſenſible que pendant un huitieme de la longueur du Vaiſſeau à prendre de l'étrave & de l'étambot. Il ne reſte plus, pour compléter les obſervations eſſentielles ſur la marche des Vaiſſeaux, qu'à rappeller aux Lecteurs ces vérités qu'ils auront ſans doute obſervées, & qui ont été la baſe des changemens qu'on a faits à la théorie ordinaire.

Des Vaiſſeaux, au même tirant d'eau, conſtruits ſur le même plan, avec la même quantité de voiles, ont ſouvent une différence de marche conſidérable : il y en a donc au moins un qui ne marche pas auſſi bien qu'il ſeroit poſſible ; peut-être tous les deux ne ſont pas au point de leur plus grande marche, mais au moins eſt-il sûr qu'un des deux n'y eſt pas ; je nomme cette difficulté à marcher, *réſiſtance accidentelle.*

Si deux Navires conſtruits de même, mais dont l'un eſt plus lége que l'autre, ayant la même quantité de voiles, ont, d'un beau temps, une différence de marche, en ſorte que celui qui eſt plus lége dans tous ſes points, marche plus mal, ce Vaiſſeau a encore certainement une réſiſtance acci-

dentelle ; car nulle loi de résistance ne peut la rendre plus forte pour le Navire plus lége , & qui offre une surface moindre : il y a donc d'autres causes : ce sont des vérités si évidentes qu'il suffit de les exposer.



CHAPITRE XI.

De la facilité de gouverner par le Gouvernail.

82. M. BOUGUER a recherché quel eſt l'endroit où doit être la plus grande largeur des Vaiſſeaux, pour conrtibuer, le plus qu'il eſt poſſible, à l'action du Gouvernail; la ſolution ſuppoſe un chargement proportionnel aux capacités de chaque partie, & cette diſpoſition n'étant pas poſſible, elle m'a paru ſans objet, auſſi M. Euler ne s'en eſt pas occupé.

La facilité que les Vaiſſeaux ont à tourner par le moyen du Gouvernail, dépend évidemement de deux choſes, de la grandeur du moment de l'action latérale de l'eau ſur le Gouvernail, & de la facilité qu'a le Vaiſſeau à prendre un mouvement de converſion. Soit la ligne AB (*Fig.* 35) qui repréſente l'axe du Vaiſſeau, que l'eau aille choquer le Gouvernail BC incliné, l'action de l'eau ſera, à inclinaiſon égale, proportionnelle à l'étendue BC du Gouvernail; mais comme nous ſuppoſons que la direction de l'eau eſt parallele à BC, ſon effort diminue dans le rapport du quarré du ſinus d'incidence au ſinus total, ou comme $\overline{CE}^2 : \overline{BC}^2$; mais il n'y a d'employé à tourner qu'une partie de l'effort qui eſt à celui-ci, comme BE : BC, puiſque l'impulſion totale ſur BC, ſe réduit en deux efforts, l'un qui eſt direct, & fait une augmentation de réſiſtance, l'autre perpendiculaire à BE qui peut être exprimé par cette même ligne, c'eſt un dernier effort qui tend à faire tourner le Vaiſſeau, & il eſt, par ce qu'on vient de dire $BC \times \frac{CE^2}{\overline{BC}^2} \times \frac{BE}{BC}$ ou $BE\,\frac{CE^2}{BC^2}$.

Suppoſons qu'on cherche l'inclinaiſon du Gouvernail où cet effort eſt le plus grand, comme on ſait que $\overline{CE}^2 = \overline{BC}^2 - BE^2$, puiſque ce ſont les deux côtés d'un triangle rectangle $BE\,\frac{CE^2}{\overline{BC}^2}$ ou $\frac{\overline{BC}^2 . BE - BE^3}{BC^2}$ doit être un *maximum* nommant BC

V

r ou 1 & BE x on a $x - x^3$ qui doit être un *maximum* ; ce qui arrive quand $3x^2 = 1$ ou que $x = 1\sqrt{\frac{1}{3}}$.

Cette solution montre que l'angle du Gouvernail le plus avantageux est celui où il fait avec le prolongement de la quille, un angle de 54^d 44 minutes ; c'est ce que tous les Auteurs ont démontré jusqu'ici.

Si on supposoit que l'eau agit dans la raison des sinus d'incidence, ce seroit BE. CE qui seroit le *maximum*, & l'angle EBC seroit de 45^d : car tout le monde sait que le plus grand rectangle formé par le sinus & le cosinus, est celui où ils sont l'un & l'autre de 45^d. Reprenons notre premiere hypothese, & joignons-y (d'après MM. Bouguer & Euler) une attention qui a été négligée : le moment de l'action du Gouvernail est d'autant plus grand qu'il est plus éloigné du centre du Navire ; ainsi en faisant l'angle EBC un peu moindre, le Gouvernail aura son centre plus éloigné de celui du Navire, & par conséquent son bras de levier sera un tant soit plus considérable.

Si la distance du centre du Navire au Gouvernail étoit infini par rapport à sa largeur, ce plus d'éloignement ne pourroit être qu'infiniment petit & n'altéreroit pas le résultat ; mais si elle n'est pas infinie ; elle est au moins très considérable, & M. Bouguer a trouvé qu'il ne peut y avoir plus de $\frac{1}{4}$ de degré de différence : b étant la distance du centre de gravité du Navire, à l'extrêmité de la poupe, a la demie largeur du Gouvernail, on a $\sqrt{\frac{a^4}{9b^2} + \frac{1}{3}a^2} - \frac{a^2}{3b}$ pour la valeur de x ou du côté EB, mais ces recherches sont peu importantes.

83. On a regardé le mouvement du fluide comme étant parallele à l'axe ; supposons maintenant qu'il suit les cotés du Vaisseau, ce qui lui donne une direction différente. L'axe du Vaisseau étant encore AB (*Fig.* 36), la forme de la partie postérieure de la carene étant HBI, le fluide frappe la face antérieure du Gouvernail BC avec l'obliquité HBC ; & la face postérieure avec l'obliquité IBC : cette face même n'est pas choquée, si le Gouvernail fait avec le prolongement de la quille un angle moins aigu que le côté BI ne fait avec l'axe ou la quille AB (voyez le n° 53), ce sont les deux cas de

l'impulsion latérale. Dans le premier cas où les deux faces sont choquées, l'expression est $4mn\ (y-y^3)$ qui doit être un *maximum*, & alors $y=\sqrt{\frac{1}{3}}$, & est un angle de 35^d 16 min. ainsi dans ce cas quelque soit l'obliquité du fluide, l'inclinaison est la même.

Dans le second cas, l'angle du Gouvernail avec le prolongement de la quille, est plus ouvert que celui du côté du Vaisseau avec l'axe, on retrouve l'expression $2n^2x+2(m^2-n^2)\frac{x^3}{x^2+y^2}$ qui doit être un *maximum*, alors $n^2\,dx+3\,(m^2-n^2)\,x^2\,dx=0$ ou $x=\frac{n}{\sqrt{3\,(n^2-m^2)}}$ expression qui, quand m est nulle, devient $x=\sqrt{\frac{1}{3}}$ comme on l'a trouvé ci-dessus, & quand les côtés du Vaisseau font avec la quille un angle de 45^d, n'offre aucune solution; car alors le *maximum* seroit celui de la quantité de $2n^2x$ qui ne dépend que de la grandeur de x, lequel ne peut augmenter au delà de 45^d sans retomber dans la premiere solution.

Si l'obliquité ou l'angle ABH est de plus de 45^d, alors la valeur de x est imaginaire, ce qui montre que ce cas ne peut avoir lieu, & qu'ainsi il faut se régler sur la premiere solution.

84. La détermination de 35^d 16" pour l'angle la plus avantageux, est très-étendue; elle renferme tous les cas où les deux faces du Gouvernail reçoivent l'action du fluide, sans qu'il importe de savoir si les routes sont directes ou si elles sont obliques. Le deuxieme cas où une seule face du Gouvernail est choquée par le fluide, ne laisse pas d'être compliqué. On reconnoit aisément que quand l'angle qu'il fait avec l'axe du Navire, est égal à la dérive, il n'a nulle action, & que dans les cas où la barre est sous le vent, & par conséquent le Gouvernail est au vent, son action est pour arriver, à moins qu'il ne fasse avec la quille un angle plus ouvert que celui de la dérive : comme la necessité d'allonger la *barre* ou levier pour diminuer la fatigue des timonniers, ne permet pas de faire faire au Gouvernail un angle de plus de 30^d avec le prolongement de la quille, on voit que son effet dans les *capes* est toujours à arriver : il faut expliquer cette pensée pour éviter qu'une fausse interpré-

ration ne la rende abſurde. On ne dit pas que, ſuivant les diverſes poſitions du Gouvernail, un Vaiſſeau, dans ces temps, ne puiſſe venir au vent, & qu'ainſi on ne s'en ſerve pour produire cet effet; mais on dit que ſi on pouvoit ôter le Gouvernail, le Navire ſeroit plus *ardent*, ou viendroit plus au vent qu'il ne le fait par ſon uſage, que l'effort du Gouvernail eſt toujours à arriver dans ces circonſtances, mais du plus ou moins, & que c'eſt par cette différence d'effort qu'il eſt alors utile : il porte le centre des impulſions plus en arriere; mais une fois l'équilibre établi, il ſert également à altérer ou rétablir cet équilibre par ſes divers mouvemens.

Enfin ces mêmes regles font voir que le Vaiſſeau culant le Gouvernail dont la poſition ſeroit donnée par rapport à l'axe, auroit un effet oppoſé à celui qui réſulte de l'impulſion du fluide, lorſqu'il vient de l'avant; car l'effort du fluide ſur la face poſtérieure du Gouvernail étant décompoſé, eſt oppoſé à celle qu'auroit le fluide s'il frappoit la face antérieure.

85. La facilité de gouverner dépend non-ſeulement de la quantité de l'effort latéral & de ſon bras de levier, mais encore du moment d'inertie, qui par le n° 31, eſt toujours rapporté à celui des axes paſſant par le centre, autour duquel le Vaiſſeau tourne; on a vu que le moment d'inertie eſt égal à la ſomme du produit de chaque poids, par le quarré de ſa diſtance à l'axe auquel on le rapporte : ainſi dans les Vaiſſeaux ſemblables, il eſt comme la cinquieme puiſſance d'une des dimenſions, la force du Gouvernail de ſon côté, eſt proportionnelle à la ſurface ou au quarré d'une dimenſion multipliée par le bras du levier qui en ſuit la raiſon ſimple, enſorte que la force, pour tourner, étant comme le cube & la difficulté comme la puiſſance 5 : la difficulté relative eſt comme la puiſſance 2, & un Vaiſſeau double d'un autre aura une difficulté quadruple. Tant qu'un effort agit conſtamment, juſqu'à ce qu'il ait produit une réſiſtance ſenſible, il produit un mouvement uniformément accéléré, & qui eſt comme le quarré des temps; c'eſt encore un principe inconteſtable de la méchanique; les mouvemens de converſion doivent donc être pareillement accélérés juſqu'à ce que la réſiſtance latérale de l'eau la détruiſe, & par conſéquent

elle doit être telle dans l'origine de ces mouvemens. Un Vaisseau qui auroit une difficulté quadruple d'un autre, décriroit dans le même temps un angle qui ne seroit que le quart de celui du premier Vaisseau; mais dans un temps double de celui-ci, il décriroit un angle quadruple, & par conséquent égal à celui du premier Vaisseau, & ainsi les temps dans lesquels les Navires semblables & semblablement chargés, décrivent des angles égaux, sont comme les dimensions simples; en effet, tant que l'on fait abstraction de la résistance de l'eau, le mouvement de rotation est un mouvement accéléré, car le premier mouvement de conversion acquis continueroit, quand même l'action du Gouvernail cesseroit, puisque la résistance seule de l'eau peut le détruire; mais comme cette action continue, il y a de nouveaux degrés de vîtesse de conversion.

Le temps des rotations est en raison inverse de la racine quarrée de la surface du Gouvernail; si le Gouvernail restant le même, on fait varier la seule longueur des Vaisseaux, le moment d'inertie sera en raison triplée, & le levier avec lequel le Gouvernail agit, croît en raison simple; ainsi le temps des rotations sera comme la longueur.

Mais tout ceci n'est exact que dans les premiers instans du mouvement, car bientôt la résistance les rend sensiblement uniformes. Tout le reste étant égal, le Vaisseau dont la surface est plus grande, a de ce côté une plus grande résistance : la vîtesse angulaire ou l'angle de conversion étant le même, le Vaisseau, dont la longueur est la plus grande, va choquer latéralement le fluide, avec une vîtesse en raison des longueurs, & la résistance est encore en raison doublée; ainsi la résistance est comme la troisieme puissance des longueurs, ainsi si le Gouvernail restant le même, on fait varier les longueurs, le temps des conversions sera comme la puissance $\frac{3}{2}$ des longueurs, si la vîtesse est plus grande, tout le reste étant le même, les mouvemens de conversion seront comme les vîtesses, ce qui est évident, car l'effort augmente comme le quarré des vîtesses, & le temps des conversions est en raison doublée inverse des efforts.

86. Pour trouver d'une façon générale quel doit être l'angle

du Gouvernail pour produire le plus grand effet dans les routes obliques qu'on suppofera (*Fig.* 35.) que le fluide au lieu de fe mouvoir parallelement à l'axe, a une certaine obliquité qui eft la direction BM nommant m le finus de fon incidence fur le Gouvernail, n fon cofinus, y la ligne CE qui repréfente l'effort direct du Gouvernail, x la ligne BE qui repréfente l'effort latéral, on a mmx pour l'effort latéral, lequel doit être un *maximum*, alors $2\,my = n\,x$, & comme la dérive eft donnée, & que fon fupplément eft égal à la fomme des angles m & y, nommant A, cette fomme, par les théorêmes généraux des valeurs des fommes des angles (n°. 50), & Géométrie de M. Bezout, 284) on a cos. A $= my + n\,x$, donc $n\,x =$ cos. A $- my = 2\,my$ ou cos A $= 3\,my$: on retrouve ici la marche du n° 76. On peut obferver que puifque $2\,m : n :: x : y$, fi $m = 45^{d}$ $x = 2\,y$, & l'angle avec le prolongement de la quille eft $26^{d}\ 34'$.

On a confidéré les effets principaux, négligeant ceux qui, quoiqu'abfolument liés à l'effet du Gouvernail, ne changent qu'infenfiblement l'état du Navire; tel eft celui par lequel l'ufage du Gouvernail donne une inclinaifon autour de l'axe horizontal fitué dans le fens de la largeur qui paffe par le centre de gravité du Vaiffeau. M. Euler en a parlé (*Théorie complette, &c.*) mais il fuffit de l'indiquer, & j'ai cru devoir négliger tout ce qui eft infenfible, & le remplacer par les obfervations utiles.

87. La facilité de gouverner n'eft pas au refte une expreffion claire & abfolument définie, c'eft quelquefois faire un mouvement de converfion dans le moindre efpace poffible, & c'eft en ce fens que je le prendrai toujours; quelquefois c'eft faire un mouvement de converfion dans le moindre temps poffible. Ces deux effets ne font pas liés l'un à l'autre, la plus grande vîteffe du Navire peut rendre fon mouvement de converfion plus prompt, fur-tout pour de petits angles, & cependant l'efpace parcouru peut être plus grand : il eft certain que quand on fonge à la fûreté de la navigation, il eft préférable de tourner dans peu d'efpace : c'eft principalement dans les paffages étroits, où les courans font infenfibles qu'on en voit la vérité; mais fi les courans font fenfibles, oppofés d'ailleurs à la route

du Vaisseau, ce qui est le plus avantageux, c'est de gouverner dans le moindre espace, non pas relatif, mais absolu possible. Dans un tel cas le Navire qui gouverneroit le mieux, seroit celui qui auroit seulement la vitesse qu'il lui faut pour refouler le courant.

88. Pour qu'un Vaisseau gouverne bien, il faut qu'il ait le moindre mouvement d'inertie possible, ce que l'on peut exécuter par l'arrimage, en rapprochant de l'axe vertical qui passe par le centre de gravité les poids les plus lourds, autant qu'il se peut, & par conséquent on doit donner aux coupes des extrêmités une inclinaison verticale assez considérable; car il arriveroit, de deux choses l'une, ou les capacités intérieures en seroient remplies, alors le Navire gouverneroit mal; ou elles seroient vuides, ce qui (par le n° 36) nuiroit à la stabilité; toutes les raisons possibles font voir pareillement qu'on doit porter vers les extrêmités les parties les plus légeres du chargement : les Lecteurs voient de plus que cette disposition est avantageuse pour remédier à l'axe des Vaisseaux.

Pour diminuer l'*élancement* & la *quette*, on a mis vers les deux extrêmités des *Massifs*, d'une épaisseur égale à celle de la quille. Si on nomme leur surface A, & la surface longitudinale du Navire B, la distance au centre l, & la résistance des massifs sera A l^3: celle du Vaisseau, à cause des différentes vitesses & bras de levier sera $\frac{Bl^3}{4}$. B est la surface latérale prise sur le plan de longueur, mais qu'il faut en général diminuer d'un tiers, à cause des inclinaisons verticales. Si donc par B on entendoit la surface totale, les résistances seroient comme A : $\frac{B}{6}$.

Quoique la suppression de la quette augmente le bras du levier du Gouvernail, on voit que ce n'est pas une compensation; si la quette est 3 pieds, la longueur du Navire 120; lorsqu'on la supprimera, la résistance augmentera de $\frac{1}{10}$: le bras du levier du Gouvernail; & par conséquent sa force augmentera de $\frac{1}{40}$ seulement.

CHAPITRE XII.

Des Navires allant à la Rame

89. LES Bâtimens à rame ont besoin d'une moindre stabilité que ceux qui sont faits pour aller à la voile : le centre des efforts qui les poussent, n'étant pas fort élevé, ils doivent avoir peu d'inclinaison verticale, c'est ce qui constitue la différence principale de construction de ces Navires ; cependant comme ils vont quelquefois à la voile, aucun des principes établis cidevant n'est indifférent pour leur construction, & il faut de plus examiner l'effet des rames. Pour cela nous supposerons (*Fig.* 37) d'abord le Navire immobile. Soit la *rame* F G attachée sur l'*apostis* ou *platbord* en D, ensorte qu'elle puisse recevoir un mouvement angulaire autour du point D, & faisons abstraction du poids de la rame ; sa vîtesse dépend du Rameur ou de sa force. La résistance que la rame éprouve en G de la part du fluide, est en équilibre avec l'effort qu'emploie le Rameur : supposons le mouvement angulaire donné, & examinons ce qui arrivera en allongeant la partie D G : on verra que le mouvement angulaire étant aussi donné, la vîtesse du fluide, sera aussi plus grande pour choquer la *palle R*, en raison des longueurs ; & comme les résistances sont comme les quarrés des vîtesses, elles sont donc comme les quarrés de DG ; en outre le bras de levier agit comme cette même longueur ; ainsi le moment de l'action de l'eau sur la palle, est comme le cube de la partie extérieure ou comme $\overline{DG}^3$; il faudroit donc, pour que le Rameur n'éprouvât qu'une résistance égale, diminuer la surface de la palle, comme $\overline{DG}^3$: mais alors la résistance de l'eau seroit diminuée dans le rapport de la longueur.

Il en résulte donc que dans ce cas, il seroit avantageux de diminuer la longueur de la rame, jusqu'à l'infini, si cela etoit possible, en augmentant la palle dans la même raison, ainsi que le dit M. Bouguer. (*Traité du Navire*, page 110.)

90. Suppoſons maintenant le Navire en mouvement, & la vîteſſe donnée ; ſuppoſons en outre que la vîteſſe du Rameur, pour agir commodément, ſoit encore donnée, & de deux pieds $\frac{1}{2}$ par ſeconde, il ſeſt évident que la vîteſſe de la palle ſera dans le rapport de la partie F D, à DG, mais cette vîteſſe n'eſt pas celle de l'eau : elle doit être diminuée de toute la vîteſſe du Navire : enſorte que ſi ſa vîteſſe étoit plus grande que celle de la palle, comme il peut arriver quand on va en même temps à la voile, la rame feroit un obſtacle à la marche. Le point où la rame ne fait nul effet, eſt facile à déterminer par cette analogie : 2 $\frac{1}{2}$ pieds, vîteſſe du Rameur, vîteſſe du Navire que je ſuppoſerai ici 5 pieds, comme F D : D P :: 1 : 2 ; enſorte que ſi $DP = 2FD$, la rame ne fera ni avancer ni reculer le Navire ; mais ſi la partie DF eſt plus courte, les rames retarderont le Navire, & ſi la vîteſſe étoit 7 $\frac{1}{2}$ pieds par ſeconde, il faudroit que DP fût plus grand que trois fois F D : dans ce cas l'effort de l'eau eſt généralement comme $(\overline{DG}-\overline{DP})^2$, & le moment de cet effort eſt $(\overline{DG}-\overline{DP})^2$ DG. La réſiſtance a toujours pour bras de levier D G : mais ici il ne peut jamais devenir égal à o, ou ſe confondre avec le point d'appui, il ne peut jamais être moindre que DP. L'effort, ſelon que la palle ſera en G ou en g, à $\frac{1}{2}$ diſtance de P à G, l'effort de l'eau ſera quadruple en G de ce qu'il eſt en g, ou, ſi on veut que l'effort de l'eau ſoit le même, il faudra que la palle en g ait une ſurface quadruple. Il eſt vrai que cet effort de l'eau ayant un bras de levier moindre dans le rapport de 7 à 8 : on pourra encore augmenter cette palle de $\frac{1}{8}$, ſans que la fatigue du Rameur augmente, ce qui donneroit une vîteſſe plus forte de $\frac{1}{17}$.

91. Il eſt certain que s'il étoit permis de faire ces abſtractions, ſi la force du Rameur eſt toujours la même, ſi on pouvoit toujours augmenter l'étendue de la palle, il y auroit quelqu'avantage à la placer fort peu au delà de P, plutôt qu'en G. Dans la ſuppoſition que ces longueurs, à compter de D, ſuivent le rapport de 3 à 4, l'augmentation de vîteſſe ſeroit de $\sqrt{4}$ à $\sqrt{3}$, ou de près de $\frac{1}{7}$; mais comme la ſurface de la palle ne peut être augmentée au delà de certaines bornes, on eſt obligé d'y renoncer.

Il

Il ſemble qu'elle ne peut être commodément de plus d'un demi-pied par homme ; c'eſt au moins la dimenſion que la pratique lui donne : quand on pourroit l'augmenter de moitié; il s'enſuivroit qu'elle ne pourroit être rapprochée que d'environ $\frac{1}{6}$ de la diſtance P G ou de $\frac{2}{24}$ de la diſtance totale au point D, ce qui ne feroit qu'une augmentation de vîteſſe de $\frac{1}{10}$ environ. En général $(a x^2 + x^3)$. S, eſt conſtant, S eſt la ſurface, a & $a+x$ les parties D P & DG : mais il vaut mieux faire la rame plus longue : ſans cela, ſi l'on a des Rameurs vigoureux, on aura une perte réelle de vîteſſe ; je ſuppoſe que le Vaiſſeau puiſſe faire $\frac{1}{10}$ de plus de chemin, alors le point P ſera à 3. 3 parties du point D : ainſi la nouvelle palle aura une vîteſſe de $\overline{\frac{14}{100}}^2$ ſa ſurface eſt $\frac{1}{2}$, donc l'effort de l'eau eſt 2181 pendant que la palle ordinaire en G a une vîteſſe de $\overline{\frac{70}{100}}^2$ ou 2450, & l'effort de l'eau eſt plus fort de $\frac{1}{8}$, dans la diſpoſition la plus ordinaire. Il n'y a donc pas de rapport bien déterminé : il ſemble qu'on peut ſuppoſer que tous les déſavantages ſont aſſez bien conciliés quand la partie P G eſt égale à l'intérieure ; au reſte, s'il paroît quelqu'incertitude dans la fixation préſente, c'eſt qu'elle eſt inévitable ; on peut s'en convaincre par la lecture des ouvrages de MM. Euler & Bouguer ; j'ai ſeulement cherché à rendre cette ſolution plus ſimple.

On peut remarquer que les ſolutions de M. Euler dans le Livre intitulé *Scientia Navalis*, & dans la *Théorie complette de la Conſtruction des Vaiſſeaux*, ſont différentes. Nous donnerons ici les longueurs qui nous paroiſſent convenables : le Rameur ayant une vîteſſe de 2 pieds $\frac{1}{2}$ par ″, qui nous paroît l'effort ordinaire, ſi le Vaiſſeau fait 1500 toiſes par heure, le rapport des parties intérieures & extérieures eſt 10 & 20 & la longueur de la partie extérieure doit augmenter d'une partie pour 150 toiſes de plus de viteſſe, ſi elle étoit 4500 toiſes ce ſeroit le rapport de 10 a 40. Ce rapport eſt proportionnel à la force du Rameur. S'il fait, par exemple 3 pieds par ſeconde, alors ce ſera à 1800 toiſes que correſpondra une augmentation de longueur de la partie extérieure de la rame double de l'intérieure.

92. Il eſt à propos de donner une idée de la force que les Rameurs peuvent employer : on l'évalue communément à 32 l.

mais le temps qui eſt employé pour retirer la rame de l'eau, & la remettre étant à peu-près la moitié du temps que le Rameur travaille, on peut ſuppoſer que cet effort ſe réduit à 16 liv. mais ce n'eſt pas la ſeule diminution. Lorſque le Vaiſſeau va vîte & fait 3000 toiſes par heure, la longueur de la partie extérieure étant trois fois celle de la partie intérieure, il faut diminuer cette force dans le rapport de 3 à 1 : ainſi le Rameur n'emploie que 5 liv. $\frac{1}{3}$ pour faire avancer le Navire. Quel que foible que ſoit cet effort, je doute qu'il ſoit poſſible d'inventer aucune machine où il y ait une moindre perte : celle qui réſulte de la vîteſſe du Navire eſt indiſpenſable ; car il faut toujours que la rame, ou ce qui en tiendra lieu, ait une vîteſſe plus grande que celle du Navire ; ainſi pour donner 2 pieds $\frac{1}{2}$ de vîteſſe à la rame ou à la machine, ſi la vîteſſe du Navire eſt 7 pieds $\frac{1}{2}$, il faudra qu'elle ait une vîteſſe de 10 pieds : ſi c'eſt une roue, il faudra un diametre quadruple ; la ſeule choſe ſur laquelle on puiſſe eſpérer de gagner, c'eſt ſur le temps que la rame ne ſert point, qui eſt celui qu'on la tire de l'eau ; mais je penſe que la rame étant un levier ſimple, ſe ramene plus aiſément, ſur-tout ſi on charge la poignée, que toute autre eſpece de machine, qui n'auroit pas un mouvement continu. Comme l'effort du Rameur dans un temps donné, eſt conſtant ; la continuité de mouvement eſt une perte ſur l'intenſité de la force : & d'ailleurs, il eſt difficile d'établir dans les Navires une roue, machine qui ſeule pourroit procurer un tel mouvement : il me ſemble donc qu'il eſt impoſſible de faire aucune découverte utile en ce genre, à l'exception de proportionner & agrandir les palles des avirons, quand la vîteſſe du Navire doit être petite.



CHAPITRE XIII.

Des Mouvemens accélérés.

93. ON a jusqu'ici considéré les vîtesses uniformes : cependant un Vaisseau ne passe de l'état de repos à celui du mouvement, ou réciproquement de celui du mouvement à celui du repos, que par des nuances successives d'accélération ou de retardement. Si le vent pousse un Vaisseau, on voit que dans un fort petit espace de temps, c'est le choc d'une très-foible masse d'air qui, suivant les principes du choc des corps, se trouve agir sur une grande masse. Une Frégate qui a 6000 pieds d'étendue de voiles, & 800 tonneaux de poids, étant poussée pendant une ″ par un vent qui a 28 pieds de vîtesse, la densité de l'air étant à celle de l'eau, comme 784 est à 1, reçoit un effort ou un poids de 1 livre $\frac{1}{5}$ par pieds ou de 7200 liv. & la Frégate pesant 800 tonneaux, on fera cette analogie : 800 tonneaux ou 1600, 000 liv : 3200 : : 28 pieds : est à un quatrième qui sera l'espace dont le Navire sera avancé pendant ce temps: on trouvera 1 pouce $\frac{1}{2}$, alors la résistance de l'eau, le plan résistant étant de 30 pieds, sera égale à 9 onces. Dans la 10e ″, la vîtesse du Navire seroit 15 pouces à peu-près, & la résistance seroit de 908 onces ou de 56 livres : la vîtesse relative du vent, seroit 26 pieds 9 pouces, ensorte que son action seroit seulement 6780 livres, dont il faut ôter les 56 livres de résistance, il ne resteroit plus que 6824 liv. On trouveroit l'accélération pour cet instant, en faisant l'analogie suivante 1600,000: 6880 — 56 ou 6824 : : 26 pieds 9 pouces : 4e terme qui seroit à peu-près 1 pouce $\frac{1}{3}$, ainsi l'accélération seroit diminuée de $\frac{1}{9}$; on peut chercher ainsi les accélérations par parties ; mais il est préférable de recourir à la théorie de la proposition 35 des Principes de Newton, pour les accélérations & retardemens.

1°. Si le globe & les particules sont privés de toute force élas-

tique & réfléchissante, la résistance qu'un globe éprouve, est à la force par laquelle tout son mouvement peut lui être ôté ou communiqué dans le temps dans lequel un globe quadruple parcourt la 3ᵉ partie de son diametre, comme la densité du milieu est à la densité du globe.

2°. La résistance que le globe éprouve, est toute chose égale en raison doublée de la vîtesse.

3°. Cette résistance est aussi en raison doublée du diametre.

4°. Elle est aussi comme la densité du milieu.

On supposera maintenant un globe pesant 800 tonneaux, & ayant 30 pieds de résistance, comme le globe diminue la résistance de moitié, son grand cercle est 60 pieds & le diametre est 8 pieds $\frac{1}{3}$, & un tel globe, s'il pesoit autant que le Navire, auroit environ 66 fois la densité de l'eau.

Par les Corollaires 7 de de la Proposition 35 & 9 de la Proposition 36 un globe qui se meut dans un fluide non élastique, & de la même densité que lui, a plutôt perdu la moitié de sa vîtesse, qu'il ne décrit la longueur de deux de ses diametres, & puisque la perte de résistance est comme les densités, il faudroit multiplier 17 pieds $\frac{2}{3}$ double du diametre par, 66, on auroit près de 200 toises de chemin parcourus quand la vîtesse du Navire est diminuée de moitié.

Mais comme il naîtroit des *résistances accidentelles*, on calculera ce qui arriveroit si la résistance étoit absolue, elle seroit d'environ 280 pieds; le diametre d'un cercle dont l'aire est double, seroit de près de 27 pieds & la densité de ce globe seroit environ $\frac{10}{9}$ de celle de l'eau; ainsi un pareil navire perdroit la moitié de sa vîtesse en parcourant environ sa longueur.

Quoique ce ne soit exactement ni l'une ni l'autre de ces solutions, la derniere approche le plus d'être exacte, à ce qu'il m'a paru; au reste ces expériences ne peuvent avoir lieu, que le vent par le travers, & sont difficiles à faire.

On peut remarquer que dans toutes les hypotheses, la vîtesse du Navire ne seroit nulle, que dans un temps infini, à moins qu'on n'admît une résistance proportionnelle au temps, telle que seroit la ténacité des parties du fluide, &c.

Les mouvemens de rotation occaſionnés par l'action du Gouvernail ſont accélérés au moins dans les premiers inſtans. On a vu (n° 31) que la difficulté du Navire à prendre du mouvement eſt égale au moment d'inertie rapporté à l'axe vertical qui paſſe par le centre de gravité. Comme on conſidere alors les momens abſolus, il faut réduire l'action du Gouvernail, à une quantité qui ſoit du même genre ; ainſi ſon action eſt, en raiſon de la ſurface reduite & du quarré de la vîteſſe moyenne. La théorie des oſcillations & rotations, ayant été ſuffiſamment établie, il ſuffit de donner un exemple de la maniere dont les calculs doivent ſe faire.

Suppoſons que la ſurface latérale du Gouvernail, réduite ; ſoit égale à un plan de 8 pieds, choqué perpendiculairement ; que la diſtance à l'axe verticale qui paſſe par le centre de gravité, ſoit 60 pieds, la vîteſſe du Navire étant 15 pieds par ſeconde, ou un peu plus de trois lieues par heure, ſon déplacement 22400 pieds cubes ou 800 tonneaux, enfin que la diſtance moyenne dont on doit compter les momens d'inertie ſont 35 pieds, le moment d'inertie eſt 22400, 1225, ou 27,440,000.

On cherchera quel ſeroit l'angle de converſion, pour une intervalle de 10″ : comme il s'agit ici de mouvemens accélérés, on prendra le quarré de la moitié du chemin parcouru pendant ce temps, lequel eſt 150 pieds, le quarré de la moitié de ce nombre eſt 5625, qu'il faut multiplier par 8 pieds, ſurface réduite, & par le bras de levier 60, le produit eſt 2700000, & diviſant 27, 440, 440, 000, par ce nombre, le quotient eſt 10.16, ainſi l'angle de rotation eſt de $5^d \frac{1}{2}$ ou $\frac{1}{10.16}$ du rayon.

« Ce genre de calcul ſe rapporte à celui de M. Euler (*Théorie » complette de la Conſtruction & Manœuvre des Vaiſſeaux*) pour » trouver l'accélération dans le mouvement de rotation, il faut » ſelon les regles de la Méchanique, multiplier le moment des for- » ces, par la double hauteur, dont corps les tombent dans une″, » & diviſer le produit, par le moment d'inertie du Vaiſſeau ; ainſi » l'expreſſion de l'accélération eſt $\frac{1}{2}$ du quarré de la vîteſſe, mul- » tiplié par la ſurface réduite & par le bras du levier, & diviſé » par le moment d'inertie. La fraction numérique qui en réſulte, » exprimera toujours le ſinus de la vîteſſe angulaire qui ſera en-

» gendrée dans une seconde (le sinus total étant un pied) & il » faut avertir que la vîtesse angulaire, est exprimée par l'angle » qu'elle est capable de parcourir dans une seconde, & l'angle » dont le Vaisseau tourne, est la moitié de la vitesse qu'on a » trouvée ».

Mais aussi-tôt que le Vaisseau commence à tourner autour de son axe vertical, & que par conséquent tant sa direction que sa vîtesse éprouvent quelque changement, il est clair que la force de l'eau sur le Gouvernail est changée : il ne peut se faire un grand mouvement de conversion, sans que toutes les quantités du Numérateur ne changent, & sur-tout lorsqu'il s'agit de virer vent devant; si l'accélération continuoit comme le quarré des temps, un Navire tel que nous avons supposé, tourneroit de 90 d en 40 ″, & cela sans être aidé par les voiles.

Au reste, cette maniere de calculer les mouvemens de rotation que j'ai empruntée de M. Euler, ma paru plus simple que celle de M. Bouguer, en ce qu'elle n'a nul rapport au centre de conversion.

Effectivement, on sait que l'effort d'une livre, est ce qui fait parcourir à un poids d'une livre, une espace de 15 pieds par seconde, d'un mouvement accéléré, & 8 pieds seulement à un poids de 120 liv. ainsi le chemin parcouru est égal à l'effort × 15 pieds, & dans l'exemple précédent, c'est, 270 livres ou 3 pieds $\frac{2}{3}$ cubiques d'eau, multipliés par 15 pieds & par 8, étendue de la surface, & par 60 bras de levier, la difficulté à se mouvoir étant toujours le moment d'inertie.

Il y a une observation à faire, c'est que le centre de conversion, est le point qui reste fixe, & autour duquel les deux extrêmités tournent. Lorsque le Navire est en repos, ce point est toujours le centre de gravité, parce que ce centre représente le mouvement du corps entier, & quand il est fixe; il faut bien qu'il soit le centre du mouvement qui en est le seul point fixe. Dans toutes les recherches actuelles, il n'est pas nécessaire de connoître combien le corps entier du Navire, est transporté par l'action du Gouvernail; c'est un effet absolument distinct, & qui n'est pas plus à considérer que ne seroit un courant.

Ce qui eſt dit du Goūvernail peut s'appliquer avec la même facilité à l'effet des voiles, c'eſt le même genre de calcul, ce qui a déterminé à expliquer en détail ce genre d'actions.

Il eſt à obſerver que quand un Navire a une réſiſtance accidentelle, il gouverne moins bien par le gouvernail; car l'action du vent eſt la même, mais le Navire marche plus mal. Si la réſiſtance accidentelle eſt telle que la viteſſe ſoit diminuée dans le rapport de 3 à 2, l'effort ſera diminué comme 9 eſt à 4, ainſi la même poſition du Gouvernail qui contrebalanceroit environ 9 pieds de différence de poſition de voilure, n'en pourra contrebalancer que 4, & il en eſt de même du mauvais voilier

95. Les accélérations de mouvemens dans les tangages peuvent ſe réduire aux mêmes principes; c'eſt la difference de momens entre les diverſes parties du Navire & du déplacement qui eſt la cauſe de ce mouvement: plus cette différence eſt grande, plus l'action du tangage ſera vive, & delà il réſulte qu'un Navire dont la flottaiſon ſeroit très-groſſe, & conſerveroit long-temps une largeur conſidérable, les fonds du reſte étant extrêmement taillés, auroit le tangage le plus prompt, & de la plus grande étendue; mais on a obſervé qu'il faut faire enſorte que le Navire ſuive les mouvemens de la mer, car plus il réſiſte à ſes agitations, plus les chocs ſont ſubits, ce qui eſt le plus dangereux pour la mâture.

Si l'action du Gouvernail ſe réduit en peu de temps à des mouvemens preſqu'uniformes, il n'en eſt pas de même du tangage, c'eſt un mouvement toujours ſenſiblement accéléré, pas uniformément à la vérité; car à chaque inſtant, la différence de momens, entre les Parties du Navire & du déplacement varie; mais de maniere que la réſiſtance de l'eau peut être négligée, & qu'il n'y a que la pouſſée verticale à examiner.

Comme il arrive fort ſouvent qu'on a beſoin de connoître la force de l'eau & du vent pour de certaines viteſſes, on en donnera les Tables dans la page ſuivante.



VITESSES ET EFFORTS DE L'EAU ET DE L'AIR.

Eau,	liv.		*Vent.*	liv	
1 pied par Seconde,	1	2	5 pieds		037
2	4	8	10		150
3	10	8	15		237
4	19	2	20		600
5	30	0	25		937
6	43	2	30	1	350
7	58	8	35	1	837
8	76	8	40	2	400
9	97	2	45	3	037
10	120		50	3	750
11	145	2	55	4	537
12	172	8	60	5	400
13	202	8	65	6	337
14	235	2	70	7	350
15	270	0	75	8	437
16	307	2	80	9	600
17	346	8	85	10	837
18	388	8	90	12	150
19	433	2	95	13	537
20	480	0	100	15	000
21	529	2	105	16	537
22	580	8	110	18	150
23	634	8	115	19	837
24	691	2	120	21	600
25	750	0	125	23	437
26	811	2	130	25	350



RÉSUMÉ

RÉSUMÉ

Des Principes généraux de Construction & Manœuvres des Vaisseaux.

CHAPITRE XIV.

96. IL est absolument nécessaire que les Navires de Guerre puissent porter leur Artillerie, Vivres, Agrêts, Équipages, & quelque lest, sans cependant perdre l'usage de leur premiere batterie, qui doit être élevée au dessus de l'eau d'une quantité suffisante. De même les Navires Marchands doivent pouvoir porter le chargement qu'on se propose; il faut donc s'assurer si le Navire qu'on projete, n'enfoncera pas dans l'eau, au delà du point qu'on a déterminé. C'est un principe incontestable qu'un corps enfonce dans un fluide jusqu'à ce que le volume déplacé soit égal à son poids, & l'on sait que la pesanteur du pied cube d'eau de mer est de 71 livres 6 onces, ou que 28 pieds cubes pesent environ 2000 livres. Comme on a les états des différens poids qui entrent dans un Navire, il ne s'agit que de mesurer le volume d'eau qu'occupe la carene. Ce calcul n'a aucune difficulté: on regarde les courbes qui composent le Vaisseau comme un assemblage de lignes droites; ce qui n'occasionne aucune erreur sensible, quand on divise la carene en un grand nombre de parties. L'exemple de ce calcul, qu'on trouvera à la fin de ce traité, montrera la façon la plus simple de le disposer, & fera disparoître toutes les difficultés qui pourroient se présenter. Si le volume d'eau ainsi calculé & multiplié par 71 livres 6 onces, poids du pied cube, donnoit un produit moindre que le poids du Navire, on augmenteroit les capacités de la carene projetée; si au contraire il étoit plus considérable, on diminueroit les capacités, pour donner un peu plus aux autres qualités du Navire.

97. On a enſuite enſeigné à trouver le centre de gravité de la carene du Vaiſſeau. Cette théorie eſt fondée ſur ce principe inconteſtable de méchanique, que le *moment* d'un poids eſt proportionel à ce même poids, multiplié par la diſtance au point d'appui : c'eſt ce qui a lieu à chaque inſtant & qu'on reconnoît quand on ſe ſert d'une *Romaine*. Le centre de gravité étant le point d'équilibre, un point tel que les momens de part & d'autre ſont égaux ; on a une maniere très-ſimple de le trouver. On ſuppoſe un point d'appui tel que l'on veut, & l'on cherche les momens par rapport à ce point ; on ajoute tous ceux qui ſont du même côté, & on ſouſtrait ceux qui ſont du côté oppoſé, s'il y en a quelques-uns ; c'eſt-à-dire, ſi le point d'appui eſt pris dans l'intérieur du corps, on diviſe la ſomme des momens ainſi trouvée par celle des poids, & l'on a la diſtance du point d'appui au centre de gravité. C'eſt une eſpece de regle de fauſſe poſition ; en effet, puiſqu'il y a des momens par rapport au point qu'on a pris pour terme, ce ne peut être le centre de gravité ; mais cela ſuffit pour voir de combien doit être éloigné ce centre, pour rendre les momens nuls. Je ſuppoſe que prenant un point d'appui quelconque, la ſomme des momens ſoit de 1000 ſur la droite, & que les poids ſoient de 100, il eſt viſible qu'en prenant le centre de gravité de dix parties plus avancé vers la droite, les momens ſeront nuls ; car tous les poids auront un moindre bras de levier de la valeur de dix parties, & ainſi leur produit ſera moindre de 1000.

La forme des Vaiſſeaux étant irréguliere pour trouver le centre de gravité de la carene, on ſuit la méthode d'approximation, qui conſiſte à partager les courbes qui la compoſent en parties ſenſiblement droites, & l'on cherche le moment de chacune de ces parties. On donnera à la fin du traité, l'exemple de ce calcul. On trouve, en ſuivant les mêmes principes, le centre de gravite des poids qui entrent dans le Vaiſſeau, on l'a nommé *centre de la charge* ; le centre de gravité de la carene, a été nommé quelquefois *centre de figure*.

On cherche le lieu du centre de gravité de la carene, par rapport à la longueur & la hauteur. L'égalité qu'on obſerve dans la figure des deux moitiés de couples à droite & à gauche de

la quille, ainsi que dans leurs chargemens, fait que les centres de la carene & de la charge, sont toujours au milieu de la largeur du Vaisseau, lorsqu'il est dans sa position naturelle. Dans l'état actuel de la construction, il ne sont guere en avant du milieu que de $\frac{1}{80}$ de la longueur totale; cette quantité peut varier d'environ un autre 80e. La hauteur des centres de la charge & de figure, n'est pas la même. Ils doivent seulement être dans la même verticale: c'est cette hauteur des centres de gravité, qui est la plus variable, & qu'il importe le plus de connoître par la relation qu'elle a avec la *stabilité* ou la qualité de bien porter la voile. C'est par rapport à la flottaison que l'on doit considérer la hauteur de ces centres, & non pas par rapport à la quille, à cause de l'acculement, qui, quoiqu'il change peu la position absolue de centre de figure, paroîtroit y occasionner une grande variation, si on le rapportoit à la quille.

98. La théorie des centres de gravité conduit à la recherche de la stabilité, & il est à remarquer qu'on peut être assuré de donner aux Vaisseaux cette qualité essentielle, parce que les principes de cette théorie sont certains.

Pour en donner une idée, on a supposé d'abord un Vaisseau chargé uniformément, & de poids d'une densité égale à l'eau. On a trouvé que lorsqu'il est incliné, l'effort pour produire cette inclinaison, est mesuré par son changement d'état, c'est-à-dire, par le moment des parties de la carene qui entrent dans l'eau & en sortent; & dans les inclinaisons fort petites, cet effort ou la stabilité qui lui est égale, est proportionnelle à la somme des cubes de la flottaison; car si on considere une seule coupe, plus elle aura de largeur, plus la partie qui entre & sort de l'eau aura de longueur & de hauteur pour une inclinaison d'un angle donné, & cette partie triangulaire aura un bras de levier plus long. Delà il résulte que dans les navires semblables & semblablement chargés, la stabilité est comme le quarré quarré des largeurs. On sait qu'on appelle figures semblables, celles où toutes les dimensions changent proportionellement.

La stabilité augmente même dans un plus grand rapport que la somme des cubes des largeurs, lorsque le centre de la charge est au dessus du centre de figure. Cette théorie se trouve confirmée

par la pratique, puiſqu'on *ſouffle*, c'eſt-à-dire qu'on augmente les largeurs à la flottaiſon des Vaiſſeaux qui portent mal la voile. Quand des Vaiſſeaux ont ce défaut, on peut calculer de combien doit être ce soufflage, pour ne pas être inſuffiſant. On a obſervé dans le traité, qu'il doit être principalement dans la partie la plus large du Vaiſſeau, parce que l'augmentation de largeur étant la même, ſon effet eſt proportionel au quarré de la premiere largeur où on l'ajoute.

Un Vaiſſeau pouvant s'incliner ſur le côté ou dans le ſens de la longueur, la ſtabilité ſe rapporte aux deux axes principaux de longueur & de largeur. C'eſt la ſtabilité latérale ou rapportée à l'axe de longueur qu'il importe le plus de connoître, parce qu'il peut arriver qu'elle ſoit inſuffiſante. Celle qui s'oppoſe à l'inclinaiſon dans le ſens de la longueur eſt ſi conſidérable, qu'il ne peut y avoir de danger de ce côté. L'obſervation que cette ſtabilité eſt très-conſidérable, nous a conduit à calculer d'une maniere très-ſimple & très-exacte, quels poids donnent une certaine différence de tirant d'eau.

Malgré la certitude des principes de la ſtabilité, il y avoit une diverſité d'opinions ſur les conſéquences qui en réſultent. On peut inférer de pluſieurs paſſages du traité du Navire, que M. Bouguer penſoit qu'il faut abaiſſer le centre de figure le plus qu'il eſt poſſible, au moins en eſt-ce l'interprétation la plus naturelle, & quelques Conſtructeurs même, ont cru que c'étoit un principe de conſtruction. M. Euler dit au contraire, le centre de figure doit être le plus élevé qu'il eſt poſſible, (on ſuppoſe toujours le déplacement & la flottaiſon donnés). Cette queſtion étant intéreſſante, je l'ai examinée : c'eſt de la qualité du chargement que dépend la vérité de l'une ou l'autre aſſertion. *Conſidérant les Vaiſſeaux tels qui ſont & tels qu'il ne peuvent s'empêcher d'être, il faut élever ou rapprocher de la flottaiſon le centre de figure.* Les cas où l'abaiſſement du centre de figure augmente la ſtabilité, ne peuvent être conſidérés : ce ſeroient ceux où par la foible peſanteur des hauts & de la coque en général, la grande quantité & qualité du leſt, le Vaiſſeau auroit déja une très-grande ſtabilité, & il eſt évident qu'on ne doit pas s'arrêter à des moyens qui l'augmentent quand

elle eſt plus que ſuffiſante, & la diminuant lorſqu'elle eſt foible.

On peut encore appliquer cette théorie à la détermination d'une queſtion importante, relativement aux Vaiſſeaux à trois ponts; c'eſt de ſavoir s'il n'eſt pas avantageux de ne jamais les faire pour porter 7 mois de vivres; j'ai été conduit par la théorie, à penſer qu'on ne doit pas les faire pour plus de 5 mois de vivres, ſi l'on ne veut pas préjudicier trop à leurs autres qualités, ou les faire ſur des dimenſions outrées.

99. J'ai enſuite traité du roulis. Cette matiere offre pluſieurs conſidérations : le Vaiſſeau peut avoir plus ou moins de facilité à prendre du mouvement, ſelon que ſes différens poids ſont plus éloignés du centre de ce mouvement, qui eſt le centre de gravité : elles ont de plus grands ou de moindres arcs à décrire dans les roulis de même étendue. Ces mêmes poids y réſiſtent d'ailleurs ſelon leurs diſtances au point d'appui, par le principe général de méchanique, qui eſt la baſe de la théorie du centre de gravité. Cette réſiſtance, qui eſt la même quand il faut paſſer de l'état du mouvement à celui du repos, eſt comme le produit de chacun des poids par le quarré de leurs diſtances à l'axe de longueur paſſant par le centre de gravité, c'eſt ce qu'on nomme *moment d'inertie*. D'un autre côté, plus le Navire a de ſtabilité, plus il eſt forcé de revenir à ſa ſituation naturelle quand quelque cauſe l'en a déplacé; ainſi *la difficulté réelle que le Navire éprouve à changer d'état, eſt comme ſon moment d'inertie total, diviſé par la ſtabilité*. On a coutume de la rapporter à la longueur d'un pendule qui feroit ſes oſcillations dans le même temps que le Vaiſſeau.

Une autre conſidération très-importante; c'eſt celle du mouvement des vagues, qui occaſionnent les balancemens du Vaiſſeau. C'eſt par la combinaiſon des rapports des oſcillations particulieres des vagues & des Vaiſſeaux, qu'on peut expliquer tout ce qui a rapport aux roulis, & s'en former une idée exacte; ainſi cette partie de la théorie peut être regardée comme nouvelle. Voici un exemple de la différence qui ſe trouve dans les conſéquences qui ſe tirent, lorſque l'on conſidere le roulis, abſtraction faite des vagues, ou avec la liaiſon

qui se trouve nécessairement entre elles & ce mouvement des vaisseaux. Dans la premiere maniere de l'envisager, la vivacité du roulis est toujours accompagnée d'une diminution dans son *amplitude* ou étendue, & parconséquent les roulis les plus prompts seroient les moins fatiguans pour la mâture; car la totalité des arcs décrits en même temps seroit la même, & quand le roulis seroit plus prompt, il y auroit un moindre éloignement de la verticale; ainsi la mâture étant plus à plomb, seroit moins fatiguée. Un démâtement total arrivé par les suites de la foudre dans la *Malicieuse* que je commandois en 1760, m'a donné la facilité d'étudier cette partie, & de reconnoître la fausseté de la conséquence ci-dessus. J'ai vu qu'un Vaisseau qui a des roulis très-prompts, peut les avoir d'une grande étendue, & j'ai calculé la différence que la résistance de l'air, occasionnée par le mouvement de la mâture y avoit apportée.

Comme les flottaisons changent considérablement dans les roulis, la forme des hauts doit contribuer à leur vivacité : ils doivent être d'autant plus prompts, que le Navire a moins de rentrée. Cet examen a fourni quelques regles de construction; *lorsqu'un Navire par son peu de bricole* (ou poids supérieur), *par la qualité de son chargement & par la forme de ses fonds, a beaucoup de stabilité, il doit avoir plus de rentrée pour rendre les mouvemens du roulis plus doux. A la vérité cette rentrée a des inconvéniens réels pour l'appui des mâts, le service du canon &c. mais d'un autre côté rien ne fatigue plus la mâture que des roulis fort vifs; pour éviter cette nécessité d'une rentrée considérable, il ne faut pas trop diminuer la bricole des Navires : des Frégates de très-grande dimension ne doivent donc pas être sans canons de gaillards. Lorsqu'elles porteront une artillerie proportionnée à leur grandeur, la stabilité diminuée un peu par cette disposition, devra être augmentée par la plus grande étendue des flottaisons inclinées; alors on retirera tous les avantages possibles, les roulis ne seront pas plus prompts, les mâts seront mieux tenus, le Navire aura plus de force, & le service de l'artillerie se fera plus aisément, sans que la marche puisse être altérée.* Mais ce

dernier article ne dépend pas des principes exposés ci-dessus. (1)

100. On pardonnera sans doute une observation que j'ai eu lieu de faire dans la *Malicieuse* lorsqu'il arrive des dématemens; les livres de manœuvres conseillent en général de mâter en avant quelques mâts de hune, pour avoir la facilité d'arriver, & on a coutume de commencer par là. Cette regle est bonne lorsqu'on a beaucoup de temps pour remédier à ces accidens; mais quand on est fort près d'une côte, que la mer est très-grosse, la difficulté qu'on éprouve à mâter sur le gaillard d'avant, rend cette manœuvre lente & dangereuse pour les équipages; ainsi il est préférable de mâter vers le milieu du Navire; il en tient bien mieux le vent, & les points d'appui qu'on a pour cette opération, la rendent facile: si par hazard, faute d'avoir mâté assez en avant, malgré les voiles légeres qui peuvent se placer sur l'avant, le Navire ne gouvernoit pas, il faudroit alors jetter le Navire sur l'arrierre, en pompant une partie de l'eau ou par le moyen des canons, &c.

Jai cru devoir parler des vagues: cette partie a un rapport non seulement avec la construction, mais encore avec le pilotage. Le mouvement des surfaces de l'eau proportionné à celui du vent, est la cause du peu de longueur que l'on donne à la *ligne de lock* qui sert à mesurer le chemin. Ce n'est pas seulement sous les tropiques, qu'est le mouvement général des eaux; il produit un effet plus sensible, parce que le vent étant presque toujours de l'arriere ou à peu près, on le ressent tous les jours de la traversée; mais il est le même toutes les fois que l'on va vent arriere. Il est aisé de s'en assurer: si l'on donnoit à la ligne de lock 49 pieds 3 pouces, pour que mouillée, elle revînt à environ 47 pieds & demi, dans toutes les routes où l'on est vent arriere, hors dans les vents presque calmes, il y auroit toujours au moins un neuvieme d'erreur sur la quantité de chemin. Ce qui a rapport au pilotage a été traité dans un mémoire particulier.

---

(1) Lorsque les vivres & lest sont donnés dans les Navires de guerre, la variation qu'on peut attendre d'une transposition latérale de poids pour la vivacité du roulis, est peu considérable: on a cru cette observation importante; c'est par une diminution de stabilité, qu'on peut le plus diminuer la vivacité des roulis.

101. On a donné des tables qui marquent le rapport de la vîtesse du vent aux vagues; diverses colonnes de cette table sont d'après Newton. On a hazardé quelques principes nouveaux, par rapport à l'élévation de l'eau sur les côtes; mais cette colonne, qui n'a rapport qu'avec l'hydraulique, ne doit être regardée que comme l'énoncé de quelques vues utiles; l'importance dont est la connoissance de cette science, nous engage à répeter, d'après le mémoire ci-dessus cité, que la profondeur naturelle des canaux ou rivieres, dans lesquels l'écoulement des eaux d'un pays, demande que la surface ait une vîtesse de 5 pieds par seconde, est d'environ 13 pieds & demi. Si le fond n'est pas dur, l'eau creusera le canal à cette profondeur; si le fond est dur, un tel canal sera difficile à maintenir, l'eau s'y élevera & elle fera effort contre les bords.

On n'a cru devoir se refuser à aucune vue utile.

102. J'ai suivi principalement l'hypothèse, où la résistance est en raison du quarré de l'obliquité ou du sinus d'incidence; ainsi la base de cette théorie est la même qu'on trouve dans les autres traités; mais j'en differe essentiellement pour tout ce qui regarde la poupe, ou plutôt pour toutes les parties à couvert de l'impulsion des fluides. J'ai trouvé que quelque puisse être la loi qu'elle suit, la poupe doit être calculée comme la proue. Comme cette hypothèse se trouve révoquée en doute, que plusieurs expériences faites principalement par M. de Borda, observateur exact, habile & non prévenu, y semblent opposées, jai cru devoir examiner en même temps dans les problêmes principaux, celle où l'impulsion est comme les sinus d'incidence.

Ce sont principalement les faits qui arrivent journellement dans la navigation, qui m'ont persuadé que l'impulsion suit la loi du quarré des sinus d'incidence. On sait que des Vaisseaux en tiennent d'autres vent arriere, avec les huniers sur le ton & même de temps en temps cargués; ce qui montre que les résistances sont alors dans le rapport de 4 à 1. Or nulles loix que celle du quarré du sinus d'incidence, ou même des *fonctions* plus élevées ne peuvent donner un pareil rapport de résistance. J'ai calculé les plans de plus d'une cinquantaine de Navires, & quelques uns dans toutes les positions même inclinées, les calculs & observations m'ont aussi fait reconnoître que la masse n'entre pour rien dans la marche parvenue à l'uniformité;

doute

doute que je m'étois formé. J'ai vu d'ailleurs que dans les très-belles mers, les Frégates & Corvettes bien en assiette, ont souvent l'avantage de marche dont j'ai parlé.

J'ai reconnu ensuite, que quelqu'hypothese que l'on suive; ou si l'on veut, pourvu que l'obliquité diminue la force de l'impulsion selon quelque rapport que ce puisse être. lorsque l'on fait dépendre la marche de la proue seule, on doit pour rendre la marche plus avantageuse, augmenter l'enfoncement des Vaisseaux sur l'arrierre, ou la différence de tirant d'eau: comme la proue est couverte par le maître couple, à la réserve de la quille, & de quelques parties de façons qui n'ont pas plus d'épaisseur, il y a moins de résistance, & par conséquent la vitesse du Vaisseau doit augmenter. Il n'a pas été difficile de voir que ce résultat est contraire à l'expérience. En calculant la poupe comme je fais, si on diminue la résistance sur l'avant, le défaut de soutien de l'arrierre augmente, & la résistance étant composée des deux parties, l'avantage d'augmenter la différence de tirant d'eau est nul; il est donc probable que ces calculs ont lieu dans les Vaisseaux. Assurons nous encore davantage de la nécessité de calculer l'arriere.

103. Si le *point vélique* dépend du calcul seul de l'avant; ce point qui doit être le centre de la position des voiles, sera absolument indépendant du prolongement de l'arriere. Dans les Navires où il y a deux maîtres couples, tous les deux en avant du milieu, ce point sera certainement fort en avant: il faut donc examiner si le point vélique réel s'accorde avec ce point calculé: s'il y a une très-grande distance dans cette hypothese, & si au contraire en calculant l'arrierre & l'avant, on trouve le lieu réel du point vélique, on ne peut négliger l'arrierre

Si lorsqu'on change la différence de tirant d'eau, en ne calculant que l'avant, le point vélique change très-peu, pendant que dans le fait il devient très-différent, & si en calculant en même temps l'arrierre, on retrouve les positions réelles, il est évident qu'il faut calculer l'arrierre. On doit pour calculer ce point, supposer la mer belle, & une foible dérive, pour diminuer les difficultés du calcul.

Ayant voulu faire quelques expériences sur des petits corps;

jai trouvé beaucoup de variétés, & effectivement tout montre que c'est alors que la loi d'impulsion est le plus troublée ; j'ai donc cru que les observations faites sur les Vaisseaux, sont les véritables expériences pour la construction. Il est pareillement reconnu que des Vaisseaux semblables ayant le même tirant d'eau, ont des différences de marche d'un petit vent, principalement si la voilure est la même en quantité, mais est différemment placée ; c'est ce qui forme l'idée attachée à l'expression, un *Vaisseau est bien ou mal en assiette* ; le Vaisseau bien en assiette a la moindre résistance ; c'est celle que nous avons calculée ; le Vaisseau mal en assiette a une plus grande difficulté à marcher ; c'est ce que je nomme *résistance accidentelle*. Ces différences de marche sont souvent considérables, sur-tout dans les vents foibles, & on ne peut l'attribuer à ce qu'un Vaisseau est plus jetté sur l'avant que l'autre ; qu'on calcule pour un Vaisseau qui fait deux tiers de lieue vent arrierre, on verra que la différence des voilures, ne produit qu'un effet insensible pour changer la situation du Navire. Tels sont les faits principaux qui ont dirigé mes idées.

J'ai dit un mot de ce qui arrive dans les grosses mers ; cette partie n'est pas suceptible de précision ; mais une idée générale est utile, d'autant que les regles de construction doivent être modifiées, puisqu'il faut plus compter sur la stabilité pour bien marcher quand la mer est grosse & se relever d'une côte, que sur la diminution de résistance. C'est une théorie qui avoit été négligée jusqu'ici.

104. On pouvoit desirer de connoître quelles sont les formes de proue qui éprouvent la moindre résistance du fluide ; je les ai calculées selon l'hypothèse des quarrés, & de la raison simple du sinus d'incidence : ces proues sont peu différentes ; mais comme elles auroient peu de stabilité, j'ai cherché quelle seroit la proue de la plus grande vîtesse, les coupes étant circulaires, dans l'hypothese d'un chargement homogene, & qu'on augmente les voiles dans le sens de la largeur. Quoique par-là le problême soit déterminé relativement à la pratique, il peut être regardé comme indéterminé, quand on propose seulement de déterminer la proue de la plus grande vitesse,

c'eſt-à-dire, celle qui peut porter le plus de voiles eu égard à ſa réſiſtance. Cette proue elle-même ne peut être d'aucun uſage, parce qu'elle auroit trop peu de ſtabilité. Pour ramener les divers théorêmes à des vues utiles autant qu'il étoit poſſible, j'ai cru qu'il vaudroit mieux réſoudre le problême ſuivant. Les capacités & les deux axes du Vaiſſeaux étant données, trouver la figure qu'ils doivent avoir pour que leur réſiſtance ſoit auſſi petite qu'il eſt poſſible.

Si on propoſoit un Navire demi circulaire qui auroit 31 pieds 6 pouces de large & 119 de long, 795 tonneaux de déplacement, (nous prenons ici les mêmes données de la *Sirene*), & ſi on vouloit chercher combien elle pourroit diminuer au plus la réſiſtance, on commenceroit par lui ſuppoſer 126 pieds de long, ou la longueur quadruple de la largeur, ſelon la formule du (n° 65): on ſuppoſeroit cette partie un demi cylindre, le déplacement ſeroit augmenté de 98 tonneaux, ou ſeroit 893; celui du demi cylindre total ayant 31 pieds 6 pouces de diametre & 126 de longueur, ſeroit 1754, qu'il faut réduire au terme de 960, que nous avons pris pour exprimer ces ſolidités; alors 1754 eſt à 960, comme 893 eſt à 489, qu'on cherche dans la formule de ce n°. On voit que la largeur ſe ſoutient pendant les ſept-dixiemes d'une largeur totale, & qu'ainſi la largeur du conoïde eſt à la longueur, comme 1 eſt à 3. 3, & à un tel conoide, on trouve par la table du (n°. 61), que la ſous tangente eſt 4. 3, & qu'un tel conoïde diminue la réſiſtance, comme 14 eſt à 1, & la ſurface de ce maître couple étant 390, elle ſe réduit à un plan de 28 pieds qui eſt à peu de choſe près la réſiſtance de *la Sirene*; car on trouve environ 29 pieds & demi, ce qui peut paſſer pour l'égalité. Quand on fait attention à tous les autres avantages de la figure adoptée parla pratique, on voit qu'elle ne laiſſe rien à deſirer.

105. L'impulſion du vent paroît auſſi agir dans la raiſon des quarrés des ſinus d'incidence; mais j'ai encore quelques doutes: les expériences de Newton avec les globes tombans, donnent la loi du quarré; celles qu'il a faites avec les pendules donnent la loi du ſinus, enfin la comparaiſon des vîteſſes des Vaiſſeaux donneroient une loi moyenne, mais beaucoup plus appro-

chante de celle du quarré. J'ai ſuppoſé les efforts de l'air proportionels aux ſurfaces ; parce que, quoique j'aie trouvé que des ſurfaces exprimées par 81, avoient par rapport à celles exprimées par 16, un rapport de réſiſtance qui étoit à peu près celui de 1 à 6, cependant cette différence d'effort eſt d'autant plus grande que l'air eſt moins libre, & l'air en mer ayant la plus grande liberté, j'ai conclu delà que la différence devoit être nulle. Cela m'a montré combien ces expériences ſont difficiles à faire. J'ai calculé différentes viteſſes des Vaiſſeaux qui ſont aſſez conformes à ce qui a lieu généralement ; je dis généralement, car il y a pluſieurs cauſes de variations dont j'ai parlé. J'aurois donné dans cet ouvrage les tables de M. Euler, ſi j'avois pu éviter des répétitions en traitant ce ſujet d'une autre maniere : j'ai donc tâché de me borner à un genre de calcul facile & que tout le monde pût ſaiſir ; d'ailleurs il faut faire attention à la mâture, à la coque du Vaiſſeau, ce qui troubleroit les rapports indiqués dans ces tables.

Tout ce qui a rapport au moment de l'effort de l'eau pour faire tourner le Navire, a été regardé comme une partie très-importante, & a en conſéquence été traité avec le plus grand ſoin. C'eſt à détruire cet effort par le vent, lorſque l'on veut ſuivre une route conſtante, qu'on doit s'appliquer, & cela ſe fait en placant les voiles en équilibre autour du point *vélique* ſitué dans le ſens de la longueur : on doit faire la même choſe dans le ſens de la hauteur ; mais il ſe préſente ici une réflexion très-importante, c'eſt que quelque ſyſtême que l'on prenne, un Vaiſſeau long aura ſon point vélique plus élevé, car ſa hauteur dépend du rapport des impulſions directes & verticales ; on peut même regarder comme un à peu près ſuffiſant, la regle ſuivante ; que ces impulſions augmentent comme les quarrés des longueurs, ou un peu moins : enſorte qu'un Navire qui a un dixieme de plus de longueur, a ſon point vélique plus élevé de deux 15es c'eſt environ 8 pieds pour *la Sirene :* mais la mâture à cauſe de ſa tenue, ne peut excéder de certaines limites, & ſi elle n'a pas aſſez de hauteur, le Navire perdra de ſa marche vent arriere ; à la vérité il y a quelques moyens d'y remédier par l'arrimage ; par exemple, on peut caler davantage un

tel Navire, mais tous les moyens d'y remédier ont des inconvéniens; enfin c'eſt une regle générale de conſtruction; *des Vaiſſeaux longs doivent avoir une mâture haute.*

106. Il reſte à rendre compte de la facilité de gouverner: tout le monde convient que c'eſt une qualité très-importante; il eſt eſſentiel de définir ce qu'on doit entendre par bien gouverner, c'eſt tourner dans le moindre temps & l'eſpace poſſibles; ſi ces deux qualités ne ſont pas réunies, c'eſt principalement tourner dans le moindre eſpace poſſible; il ſemble qu'en France on ait méconnu l'importance de cette qualité, car on fait tout ce qu'il faut pour ne tourner que dans un très-grand eſpace.

1° Le gouvernail des Navires de ligne Anglois, eſt en général de moitié plus grand que celui des François. 2° Si on compare des Navires qui aient une longueur différente, du reſte ſemblables, la réſiſtance à prendre du mouvement ſera comme le quarré des longueurs, & quand le mouvement eſt accru à un certain point & approche d'être uniforme, elle eſt comme le cube des longueurs.

Suppoſons un Navire anglois de 120 pieds de long, & un françois de 132, ayant même largeur, la facilité de gouverner ſera en raiſon directe des ſurfaces du gouvernail, & inverſe du cube des longueurs, les viteſſes étant les mêmes; elle ſera donc comme 3, diviſé par le cube de 10 eſt à 2 diviſé par le cube de 11, ou comme 2 eſt à 1, les temps pour tourner ſeront 1 & 1.4. Comme le chemin parcouru par le Navire plus long doit être plus conſidérable, on voit qu'en général les Navires longs éprouvent une plus grande variation dans la poſition de leurs points véliques. Suppoſons donc que dans un Navire françois, la force du gouvernail puiſſe compenſer 8 pieds de différence entre le centre des voiles & des impulſions, la ſurface du gouvernail anglois en compenſera 12. Suppoſons maintenant que le plus grand chemin du Navire françois & ſa longueur, porte le point vélique de 5 pieds plus en avant que l'état d'équilibre, le gouvernail n'agira plus qu'avec une force de 8 moins 5 ou 3; ſi le point vélique du vaiſſeau anglois ne varie que de 3 pieds, le gouvernail agira avec une force de 12 moins 3 ou 9, & la facilité de gouverner dans le Navire anglois, ſera qua-

druple de celle du Navire françois, si le point vélique varioit de 6 pieds pour le Vaisseau françois & de 4 pour l'anglois, la facilité de tourner feroit 3 & 16, l'espace pour tourner feroit triple. C'est principalement pour les mouvemens d'arrivée que cette observations a lieu; nous en tirerons cette regle importante pour la construction, *les gouvernails des Navires en France doivent être rendus égaux à ceux des anglois*, sans cela on aura un désavantage très-réel dans les combats. On peut en déduire diverses regles de manœuvres; on ne doit pas non plus oublier cette regle d'arrimage; *pour bien gouverner, les poids les plus denses doivent être rapprochés du centre du Navire*, regle qui a été démontrée en parlant des mouvemens d'inertie.

107. Enfin on a traité des rames; ce n'est qu'après des méditations sur les ouvrages de MM. Euler & Bouguer qu'on pense avoir traité ce sujet d'une maniere satisfaisante; on pense que si un Navire fait 1500 toises par heure, la partie extérieure de la rame doit être à l'intérieure, comme 2 à 1; si l'on fait 3000 toises, ce doit être comme 3 à 1; si l'on peut faire 4500 toises, ce doit être comme 4 a 1. Il y a moins de risque à excéder en longueur, qu'à faire une rame trop courte: or si des rameurs sont très-vigoureux, ce même Navire qu'on croyoit ne devoir faire que 4500 toises, en fera 4800. Quand on rame à grands coups, mais plus distans, l'aviron doit être plus long; on a donc cru devoir donner une proportion simple & qui puisse s'accorder aux diverses forces de rameurs & à l'étendue qu'on peut donner commodément aux palles.

Enfin on pense qu'aucune maniere d'appliquer la force des hommes pour faire avancer un Vaisseau, ne peut être plus avantageuse que les rames. Il y aura toujours nécessairement une augmentation de bras de levier correspondant à la vîtesse du Navire par rapport à celle du rameur, & il faudra toujours une perte de temps pour que la machine revienne dans sa premiere situation & puisse agir.

Tout le monde connoît assez les rames, pour savoir que leurs point d'appui ne peut être considérablement élevé au dessus de l'eau, parce que la partie intérieure s'éleveroit d'une quantité qui en feroit à peu près la moitié, & plus exactement

dans le rapport des parties intérieures & extérieures : comme en les retirant de l'eau il faut qu'elles viennent à peu près horizontales, il en résulteroit de grands mouvemens pour le rameur. Ainsi la hauteur de 5 à 6 pieds pour ce point d'appui seroit trop considérable dans les Galeres ; car quoiqu'on remédie en partie à la hauteur de l'extrémité de la partie intérieure de la rame par la plus grande rondeur, ou *tonture* des beaux & ponts de ces Navires, les rameurs qui y sont placés ayant de trop grands mouvemens à prendre, seroient presque sans force.

Cette réflexion fixe l'idée qu'on doit se faire des anciennes Galeres : il est étonnant même qu'il ait pu y avoir quelqu'obscurité, quand on considere ce qu'en a dit Thucydide, un des plus judicieux écrivains de l'antiquité, & qui lui même a commandé les flottes des Athéniens.

« Cependant (*dit-il*) les flottes qui ont été armées long-» temps après la guerre de Troye, n'étoient composées que de » peu de trirêmes ; c'étoit principalement des Navires qui » avoient 50 rameurs, (*c'est-à-dire 25 de chaque côté*) & autres » Navires longs, tels que ceux qui existoient avant cette époque. » Peu avant la guerre des Medes & la mort de Darius, Roi des » Perses, celui qui fut successeur de Cambyse, les tyrans de » Sicile & les Corcyréens eurent beaucoup de trirêmes, & les » flottes de ces derniers étoient considérables dès avant l'expé-» dition de Xerxès. Les Eginetes, Athéniens & autres peu-» ples, n'avoient encore que des flottes peu nombreuses, for-» mées pour la plus grande partie de Navires de 50 rameurs, » & ce ne fut que lorsque Themistocle l'eut persuadé aux Athé-» niens qui étoient en guerre contre les Eginetes, & atten-» doient l'invasion de Xerxès ; encore les Galeres n'étoient » elles pas entiérement couvertes (*ou le pont ne régnoit pas » tout du long*). »

Après ces réflexions, comment a-t-on pu se faire une idée de triples étages, dont tout montre l'impossibilité absolue.

Les rameurs nommées *Thranites* qui étoient à l'extrémité de la rame, ayant plus de fatigue que les autres, avoient une paie particuliere & de surcroît à paie générale qui étoit une drachme par tête : au lieu de cette explication naturelle,

même à présent, puisqu'on y place les rameurs les plus grands & les plus robustes, on a pensé que ces Thranites avoient des rames plus longues.

On peut voir par Thucydide & son continuateur Xenophon; que ces trirêmes avoient environ 100 rameurs ou hommes de mer, & 50 soldats pesamment armés ou gens de trait.

Les trirêmes furent ensuite remplacées par les quinquerêmes qui constituerent la force des armées navales; c'est principalement chez les Carthaginois, & dans les guerres entre ceux-ci & les Romains qu'on les retrouve. Nécessairement plus fortes de bois & poussées avec une plus grande force, car elles avoient environ 300 hommes de mer, elles avoient un grand avantage sur les trirêmes pour les couler bas: on trouve même quelques septemrêmes pour les Navires des Généraux. C'est ce qu'on peut voir dans Polibe & le periple d'Hannon. Chez les Grecs, & dans ces temps, on désignoit les Galeres par le nombre d'hommes employés sur chaque banc ou rame. Il y eut ensuite quelque variation : on désigna le nombre des bancs : cette double acception a encore lieu dans les devis des constructeurs de Galeres: c'est suivant cette deuxieme signification qu'on doit expliquer les 40 remes &c. Après la destruction de Carthage, les Romains n'eurent plus de marine militaire; les seules nations vers l'Asie mineure & l'Egypte continuerent à se servir de ces Galeres; on voit dans la guerre d'Alexandrie décrite par César, que les Rhodiens & autres peuples voisins avoient fourni celles qui composoient sa flotte : il n'y avoit, dit-il que cinq quinquerêmes, 10 quadrirêmes, les autres étoient de moindre grandeur & la plupart découvertes. Ce sont les livres des Généraux qui forment les vrais monumens : quelle idée se feroit-on de notre marine par la vue des armes de la ville de Paris: Au reste ces descriptions de Généraux du premier ordre, sont toutes conformes au bon sens, aux loix de la méchanique; les trirêmes anciennes sont nos *demi-Galeres* actuelles, les quinquirêmes sont les Galeres ordinaires.

108. On peut maintenant, en faisant une application des principes ci dessus, résoudre diverses questions importantes; on a par exemple reconnu que la stabilité des Vaisseaux semblablement

blement chargés, eſt proportionnelle au quarré quarré de leurs dimenſions, puiſque la peſanteur qui eſt comme le cube, agit avec un bras de levier proportionnel à ces dimenſions. L'effort du vent dans la méthode ordinaire de mâter, eſt égal au quarré des dimenſions, & agit avec un bras de levier qui en ſuit la raiſon ſimple; ainſi ſon moment eſt comme le cube des dimenſions; il s'enſuit que la ſtabilité étant comme la quatrieme puiſſance, & le moment de l'effort du vent comme le cube, la force relative des Navires pour porter la voile, eſt comme les dimenſions ſimples. On a remarqué que les circonſtances du mouvement du Navire, ne font aucun changement dans de tels Navires ſemblables & ſemblablement chargés : ſi donc, on vouloit que la ſtabilité fût la même en conſervant les mêmes largeurs de voiles, il faudroit que les hauteurs de la mâture fuſſent comme la racine du cube des dimenſions; car alors l'étendue des voiles compoſée de la largeur proportionelle aux dimenſions & de la hauteur, ſeroit comme la racine quarrée de la puiſſance 5, & le bras de levier étant comme la racine de la puiſſance 3, l'effort ſeroit proportionnel à la puiſſance 4 des dimenſions, & par conſéquent à la ſtabilité.

Tout le monde ſait que pour avoir la racine quarrée du cube d'une dimenſion, on prend la moitié de ſon logarithme qu'on multiplie par 3. Je ſuppoſe maintenant qu'un Vaiſſeau de 40 pieds de large ayant ſa mâture donnée, on cherche celle que doit avoir le Navire de 20 pieds ſuppoſé ſemblable : le logarithme de 40 eſt 160 206, celui de 20 eſt 130 103; la moitié de la différence ou 030 103 étant triplée, on a 045 154 logarithme de 2. 83; ainſi la mâture du Navire de 20 pieds de large eſt à celle du Navire de 40 comme 1 eſt à 2. 83, ſuppoſant que le mât d'hune du Vaiſſeau de 40 pieds ſoit de 60 pieds, celui du petit Navire n'aura que 21 pieds de hauteur. Pour les mâts majeurs on ne calculeroit que la partie au deſſus du pont; telle ſeroit la ſolution ſi les Vaiſſeaux étoient ſemblables & ſemblablement chargés; encore ſeroit-il néceſſaire d'y faire une modification. Le poids de la mâture ſeroit conſidérablement diminué, dès-lors le Navire ne ſeroit plus ſemblablement chargé; car la mâture étant moins

haute dans le rapport de 10 à 7, la grosseur des mâts devroit diminuer dans celui de 4 à 5 : le poids de la mâture seroit moindre de plus de moitié, & son moment ne seroit pas même le tiers de ce qu'il est. Un tel Navire devroit donc avoir une mâture plus forte que celle qu'on a trouvée ci-dessus, puisqu'il ne seroit pas semblablement chargé dans cette partie.

Mais ce n'est pas la seule chose à considérer, on ne voit aucuns petits Vaisseaux semblables aux grands pour le chargement; un Navire de 20 pieds de large a 10 canons de 4, lesquels étant supposés de l'ancienne artillerie, pesent 115 quintaux, le Vaisseau de 40 pieds n'auroit proportionnellement qu'un poids de 920 quintaux, il en a 2520 qui indépendamment du plus grand poids sont proportionnellement plus élevés, il y a un pont de plus; ainsi la regle précédente qui avoit pour objet de proportionner l'effort du vent à la stabilité, mais dans la supposition que tout est semblable, & qu'ainsi le grand Navire a plus de stabilité que le petit n'a plus lieu, ou plutôt elle est diversement modifiée dans son application; on voit journellement des Frégates, des Corvettes même porter la même voilure que les Vaisseaux, & si elles sont obligées de serrer leurs voiles hautes les premieres, c'est principalement à cause de la dureté des tangages & de la fatigue de la partie de l'avant qui en résultent. La question qu'on doit examiner n'est donc pas de savoir si les petits Navires en général, peuvent porter la même voilure que les Vaisseaux, sur-tout dans la plus grande partie des temps propres à la navigation; mais s'il est avantageux de diminuer la mâture, en compensant cette diminution par un allégissement.

On pense bien que si par hasard un petit Navire est mal construit & a peu de stabilité, il doit avoir une moindre mâture; mais il ne peut être question de ces exceptions. La question envisagée d'une façon générale, se rapporte aux Navires marchands, comme à ceux de guerre; mais par rapport à ces premiers, en vain proposeroit-on de diminuer le port des Navires, tous les Négocians y verroient une perte assurée du

côté du fret. Il s'agit donc uniquement des Navires de guerre & alors la queſtion ſe réduit à ſavoir ſi l'allégiſſement eſt poſſible & s'il eſt utile.

Il eſt évident qu'il ne peut porter que ſur une partie du leſt; car il faut bien que les équipages aient leurs vivres, leur eau, & pour le leſt on ne peut le retrancher en entier; car il en faut pour la ſolidité de l'arrimage, pour ſe mettre en aſſiette, & il doit y en avoir juſqu'à la hauteur des *porques*. On a pris pour baſe les Vaiſſeaux de 74 canons, auxquels on ſuppoſe 180 tonneaux de leſt; les Frégates de Breſt ont à proportion une moindre quantité de leſt, quand elles ont 3 mois d'eau & 6 mois de vivres: de plus il feroit difficile de réduire les Frégates de 31 à 32 pieds de large, à avoir moins de 45 tonneaux de leſt. Ce feroit un allégiſſement de deux pouces, qui feroit une diminution de réſiſtance d'un vingtieme, & la diminution de voilure feroit un ſeptieme; enfin cette diminution de voilure feroit la même que ne pas avoir de perroquets, & diminuer les mâts d'hune de la valeur d'un ris.

Des changemens ſi conſidérables ne peuvent porter ſur un fait iſolé; une Frégate dont on a diminué la mâture & qu'on a allégie en même temps a mieux marché: mais *la Thétis* qui avoit paſſé pour mauvaiſe voiliere, a bien marché après que ſa mâture a été augmentée: voilà des faits en oppoſition avec d'autres; & je ne citerai ce dernier auquel j'ai eu part, que pour montrer qu'on doit éviter de conclure par un fait ſeul, la néceſſité de grands changemens. Plus j'ai examiné l'état de la conſtruction, plus j'ai trouvé que les diverſes conſidérations ſont conciliées avec intelligence, au moins lorſqu'on trouve un uſage établi. A la vérité cet uſage général ne peut abſolument convenir à tous les Navires de tous les genres poſſibles, mais ce ne ſont jamais que des modifications légeres dans les regles qui peuvent avoir lieu, & non un changement total de regles & d'uſages. Enfin ſi on en faiſoit l'eſſai ſur une Corvette de 22 pieds de large conſtruite à l'ordinaire, un tel Bâtiment où les qualités ſe manifeſteroient bien plus, n'auroit qu'une marche très-déſavantageuſe, parce qu'il n'y auroit nul rapport entre la poſition du point vélique & celle de la mâture; comme cet

essai ne seroit pas fort coûteux, si on se déterminoit à le faire; il faudroit conserver les mêmes grosseurs de bas mâts, parce qu'on seroit obligé d'avoir toujours à peu près la même quantité de voiles pour se relever d'une côte, & par conséquent je pense qu'ils devroient être faits de bas mâts à l'ordinaire, & de mâts d'hune fort petits, sans quoi il ne pouroient s'orienter que très-difficilement au plus près

109. Il se présente une autre question sur les mâtures des Navires. On ne peut mieux l'exposer qu'en donnant l'extrait du Mémoire de M. de Briqueville qui l'a proposée. Quand un Vaisseau est armé & équipé, il est muni de plusieurs pieces de mâture de rechange, pour pouvoir porter un prompt remede aux accidens, soit de navigation, soit de combat qui peuvent arriver dans cette partie.

Il ne peut être qu'avantageux de donner un usage plus étendu à ces pieces; ce qui poura avoir lieu si le Vaisseau est construit en conséquence.

On sait que l'effort du vent sur les voiles doit être opposé à celui de l'eau, ou que les voiles doivent être en équilibre au tour du point vélique, & cette disposition de mâture est en total entre les mains du constructeur, puisque c'est lui qui la place & donne les dimensions qu'il croit convenables aux différentes pieces qui la composent, & qu'il peut ordonner les différentes pieces de mâture susceptibles de rechange, de façon à y trouver plus de ressources.

Les Vaisseaux ne pouvant porter des bas mâts & basses vergues de rechange, on ne peut augmenter les ressources pour ces pieces; on doit se contenter de les faire d'une façon convenable au Vaisseau & au reste de la mâture; mais on fera les mâts d'hune & de perroquet égaux, ainsi que leurs vergues & celle de civadiere, les mâts de perroquet de fougue & boute-hors de beaupré feront égaux, &c.

Cette égalité entraîne celle des tons du grand mât & du mât de misaine, hunes, barres, chouquets, &c. Il y auroit à la vérité un peu plus de difficulté à remâter le petit mât d'hune, & on y remédieroit si cela se trouvoit nécessaire, en faisant un écoutillon qui permettroit au pied du mât d'hune de descendre sur le pont.

Enfin on n'éxécuteroit cette mâture que lorſqu'on en fait de nouvelles pour éviter une perte de pieces auſſi eſſentielles; on ne feroit même ce changement dans les Navires actuels, que lorſqu'il ne feroit pas néceſſaire de déplacer les mâts majeurs.

Cette eſpece de mâture a été exécutée pour la premiere fois dans la Corvette, *la Guirlande*; il ſemble que le Vaiſſeau *la Ville de Paris* a auſſi été mâté ſuivant ces principes; depuis ce temps on en a mâté pluſieurs qui ont eu le total des mâtures du grand mât & du mât de miſaine égal.

Il eſt certain que les conſtructeurs ayant toute la liberté poſſible & pouvant balancer leurs voiles, les Navires peuvent gouverner également.

Comme ils peuvent auſſi porter le mât de miſaine plus en arriere, diminuer ſa hauteur; les mâts d'avant peuvent être autant ou plus appuyés qu'ils ne le ſont dans le genre de mâture actuel.

Pour examiner cette propoſition, apportons un exemple & arretons nous à une combinaiſon dans la variété infinie de celles qui peuvent ſe préſenter. Suppoſons un Vaiſſeau de 80 canons, mâté ſuvant le ſyſtême actuel; ſuppoſons maintenant qu'on ôte 523 pieds de ſurface des voiles du grand mât, & qu'on porte au mât de miſaine ou environ 80 pieds plus en avant, le moment augmentera ſur l'avant, de près de 42, 000, & pour rétablir les momens comme ils étoient, il ſuffiroit de porter le total de la voilure qui eſt d'environ 28, 000 pieds à 18 pouces plus en arriere.

On peut reculer les mâts de miſaine & grand mât, & diminuer un peu de la hauteur du mât de miſaine.

De plus, généralement parlant, l'équilibre des voiles doit être ſans aucun égard aux perroquets; mais comme en général il faut ſe précautionner contre la trop grande facilité de venir au vent, & que le point vélique varie de plus de 14 pieds, il eſt inutile de chercher un point précis d'équilibre.

Examinons maintenant les mouvemens de converſion. Lorſque l'on arrive, les voiles de l'arriere faſient & ne doivent être comptées pour rien; celles de l'avant par leurs rapprochement du milieu feroient un moindre effort, ce feroit environ 9300

pieds de voile raprochés du milieu de 1 pied & demi, ou le moment des voiles actuelles pour arriver feroit moindre de 14000 environ; d'un autre côté l'augmentation de 523 pieds de voiles à 55 pieds au moins du point vélique, fait près de 29000, moment pour arriver : ainsi dans la nouvelle mâture, le moment pour arriver est plus considérable.

Pour ce qui concerne les mouvemens pour venir au vent, ils sont encore facilités, car on ôte 525 pieds de voile du grand mât, où ils sont à 25 pieds au plus du point vélique; ainsi on diminue le moment pour venir au vent de 13100; mais le grand mât & celui d'artimon qui ont environ 16000 pieds de voile, étant portés à un pied & demi plus en arierre, le moment pour venir au vent augmente de 11000; ainsi cette disposition favorise les mouvemens de conversion.

En général, les voiles portées du milieu vers les extrémités, augmentent la facilité du Navire à tourner par le moyen des voiles.

Pour ce qui concerne l'appui des mâts, le mât de misaine est incontestablement mieux tenu; parce que le mât de misaine étant rapproché du milieu, son étai est moins oblique, les haubans sont plus éloignés du milieu, ou ont plus d'empâture & les façons élevent moins le mât de misaine.

Le petit mât d'hune a son étai qui conserve à peu près la même obliquité; les galhaubans feroient un tant soit plus peu obliques; mais il feroit aisé d'y remédier par une très-foible diminution de la rentrée de cette partie, ce qui n'a nul inconvénient.

On ne parlera pas du petit mât de perroquet, parce que ces mâts ont une force absolue plus considérable. Autrefois les mâts de misaine étoient au dixieme de la longueur du Vaisseau en arriere de l'étrave, ils sont maintenant au huitieme ou ont été reculés d'un quarantieme; les grands mâts ont été reculés de la même quantité à peu près; il s'agiroit maintenant d'un moindre changement; il est certain que cela faciliteroit d'orienter la misaine.

On auroit pu prendre pour combinaison, celle où on diminueroit la hauteur du mât de misaine de deux pieds; elle mérite

attention ; on y trouve un avantage, c'eſt que les poids qui dans la premiere combinaiſon ont un plus grand moment ſur l'avant, n'en auroient pas davantage dans cette ſeconde.

Malgré tous les avantages de cette propoſition de M. de Briqueville, il eſt certain qu'il y auroit vent arrierre une perte de 523 pieds de voile ; il y auroit, comme il en fait la remarque, un peu plus de difficulté à repaſſer le petit mât d'hune, & ſur-tout ſi on adoptoit la ſeconde combinaiſon.

Ainſi dans les diverſes parties de la conſtruction, les avantages & déſavantages ſe balancent.

Tous les Officiers étant convenus qu'il y auroit un avantage de faire les deux mâts d'hune & de perroquets égaux en groſſeur, ce changement doit être regardé comme néceſſaire ; on obſervera en même temps que c'eſt la méthode Angloiſe.

J'ai tâché dans cette diſcuſſion d'éviter de laiſſer entrevoir mes ſentimens particuliers, hors pour ce qui concerne l'avantage de faire les mâts d'hune égaux en groſſeur. On trouveroit cette propoſition traitée plus au long dans les mémoires de M. de Briqueville & les réponſes qui y ont été faites : mais on s'eſt contenté ici de l'expliquer & d'expoſer les objections fondées.



CHAPITRE XV.

Résistance des bois & agrêts des Vaisseaux.

LA théorie de la construction seroit incomplette, si on ne disoit quelque chose de la résistance des solides. On peut la diviser en deux especes ; la premiere est celle dont ils sont capables lorsqu'ils travaillent dans le sens de leur longueur ; la deuxieme est celle qui a lieu quand on travaille à les rompre perpendiculairement à leur longueur.

On voit assez évidemment que dans les bois de la même espece, la premiere de ces forces est proportionnelle à la grosseur de la piece, ou à l'étendue de la coupe perpendiculaire à la longueur ; puisque c'est de cette étendue que dépend le nombre de fibres qui résistent. C'est dans les ouvrages de M M. Buffon, Duhamel, Muschembrock, qu'on trouve les expériences principales pour déterminer cette résistance.

On peut regarder comme un principe d'expérience, qu'une regle de chêne quarrée qui aura un quart de pouce sur chaque côté, ne se rompt étant tirée dans le sens de sa longueur, que quand elle est chargée d'environ 1000 liv. & qu'une regle qui a un pouce de grosseur, ne se romproit que par un poids de 16000 liv. Le bois de sapin n'a pas autant de force, il n'a guere que les trois cinquiemes de celle du chêne ; mais le rapport peut varier selon la maniere dont le bois est nourri, & cette espece de bois est susceptible d'une grande variété ; la force du chêne est à peu près proportionelle à sa pesanteur, suivant M. de Buffon.

Le fer est de tous les métaux celui qu'on emploie le plus ; il ne s'en faut guere aussi qu'il ne résiste le plus ; l'or seul, est plus fort d'une neuvieme partie ; un fil de fer d'une ligne de diametre, ne se rompt que lorsqu'il est chargé de 650 livres ; le cuivre rouge n'a qu'environ les deux tiers de la force du fer ; & le laiton en a environ les quatre cinquiemes.

Mais

Mais en rapportant les expériences fondamentales, on ne peut se dispenser d'avertir qu'il y a des variétés : une différence de qualité, des fibres plus on moins saines dans le même bois, un métal plus ou moins bien corroyé, offrent de très-grandes variétés. Nous allons maintenant examiner la deuxieme espece de résistance des corps solides, c'est-à-dire, celle qui a lieu quand on travaille à les rompre perpendiculairement à leur longueur; alors quelques fibres s'allongent, les autres se compriment; toutes les fibres cessent d'être paralleles pendant l'effort de la rupture. Si pendant qu'une piece de bois est engagée dans un mur par une de ses extrêmités, on la charge d'un grand poids par l'autre bout, à mesure qu'on rapprochera le poids, on pourra le rendre plus grand sans craindre que la poudre ne rompe; mais il ne faut pas penser que si le poids étoit à toucher le mur, la résistance fût presqu'infinie. Heureusement toutes ces difficultés s'évanouiront, tant qu'on évitera les cas extrêmes & qu'on ne cherchera que la force relative. Lorsqu'on fait effort pour rompre de côté une piece de bois *AB* (*fig.* 38), en tirant selon une direction *AG*, elle résiste à proportion de la grosseur, ou de la multitude des fibres qui sont renfermées dans chaque couple perdendiculaire; mais outre cela, les fibres résistent encore plus ou moins selon qu'elles sont plus éloignées du point d'appui.

Il seroit difficile de déterminer le centre précis dans lequel il faudroit considérer toutes ces fibres pour avoir leur effort moyen; mais tant qu'on compare des corps dont les coupes sont des figures semblables, on peut prendre le centre de gravité pour centre d'effort, parce que le rapport est toujours le même.

Enfin l'expérienc a montré qu'une poutre qui a trois fois plus d'épaisseur qu'une autre, soutient un poids neuf fois plus grand. La seule grosseur de la poutre fait qu'il y a 3 fois plus de fibres, & en outre elles résistent 3 fois plus. Si une poutre a 3 fois plus d'épaisseur que de largeur, elle résistera 3 fois plus dans la premiere situation : la seule différence vient de ce que le total des fibres est 3 fois plus éloigné du point d'appui.

L'expérience a fait voir qu'une regle de chêne verd d'un pouce en quarré, peut soutenir à un pied de distance près de 130 liv.

La force des assemblages de charpente peut s'évaluer suivant les mêmes principes à peu près ; nous prendrons pour exemple les *bittes* qui sont formées de deux poutres *A B*, *C E* verticales, nommées *montans* & liées par une troisieme qui est horisontale, & se nomme *traversin*.

Si chacune de ces poutres a un pied quarré, elle pourra soutenir un poids de 224, 640 livres, & les deux poutres soutiendront un effort de 449, 280 liv.

Mais M. Bouguer prétend que si on rend la distance *F H*, de quatre pieds, en unissant bien les deux montans par le traversin, la premiere qui ne pouvoit soutenir en particulier que 224, 640 livres, en soutiendroit 8 fois plus; parce que toutes les fibres dont le centre de réunion est en *F*, seront aidées par un bras de levier 8 fois plus long *F H*; ainsi les deux poutres soutiendront, dit-il, un effort horizontal de 2021, 760 liv. qui s'exerceront sur une direction élevée d'un pied au dessus du point *B*.

Les expériences que j'ai faites m'ont porté à croire que cette évaluation de la force des bittes est défectueuse.

Effectivement il se trouveroit que la résistance des bittes, seroit supérieure à celle qu'auroit une piece de bois de 4 pieds de long, & la même épaisseur; c'est-à-dire, que dans la (*fig.* 39) la résistance des bittes seroit supérieure à celle d'une piece de bois pleine *H B C A* qui auroit les mêmes epaisseur & hauteur que ces bittes, malgré l'excédent de bois qui remplit l'espace *G I O D*, & quoique cette continuité de bois puisse être regardée comme devant augmenter la force.

Il est encore une autre force absolue à considérer, celle qui retient deux planches chevillées; mais nous n'avons pas d'expériences suffisantes sur cette espece de résistance.

111. On a vu que les resistances relatives, sont comme le cube des diametres des grosseurs, ce qui met en état de déterminer la figure des solides d'égale résistance, ou qui résistent également dans tous les points de leur longueur; une puissance est appliquée au sommet *A* (*fig.* 38) d'un corps *A B*, & agit selon une direction *A G* perpendiculaire à l'axe de ce solide dont toutes les tranches sont des quarrés, ou des cercles, cette

puiſſance tendra à rompre le corps avec plus ou moins de force relative, ſelon qu'elle ſera plus ou moins éloignée du point d'appui, & les réſiſtances relatives du ſolide qui ſont comme les cubes des diametres, doivent être égales aux efforts relatifs de la puiſſance; ainſi la réſiſtance relative du ſolide en *CD*, doit être comme la diſtance *CD* de chaque point où peut ſe faire la rupture. Près du ſommet, l'effort ſera foible; mais il ſera toujours proportionnel à la longueur des parties *AC* de l'axe qui ſervent de levier à la puiſſance; or les réſiſtance relatives du ſolide qui ſont comme les cubes des diametres, doivent être égales aux efforts relatifs de la puiſſance; ainſi les cubes des diametres doivent être comme les longueurs des parties de l'axe, le ſolide qui reſiſte par-tout également, doit être formé par la premiere parabole cubique: à 8 fois plus de diſtance du ſommet, la puiſſance fait 8 fois plus d'effort pour rompre le mât, mais dans cet endroit le mât a un diametre double, & le ſolide réſiſtera 8 fois plus.

Telle ſeroit la ſolution en ſuppoſant les mâts ſans peſanteur. Pour faire entendre notre penſée, comparons deux pieces de bois ſcellées dans un mur par une de leurs extrêmités & chargées par l'autre d'un poids qui les faſſe rompre; ſuppoſons que ces deux pieces aient la même groſſeur, mais que l'une ſoit deux fois plus longue que l'autre: il eſt évident qu'à l'égard de la deuxieme, le levier étant deux fois plus long, il ne faudra mettre à ſon extrêmité qu'un poids qui ſera moitié du premier, & cela eſt vraie, ſuppoſant qu'on faſſe abſtraction de la longueur de ces pieces; car cette peſanteur, non-ſeulement eſt deux fois plus grande, mais elle eſt encore appliquée à un levier deux fois plus long; ainſi elle a beaucoup plus de part à la rupture, elle y contribue quatre fois plus, & par cette raiſon le poids que l'on met à l'extrêmité de la piece de bois, doit être beaucoup moindre que la moitié.

Mais ce n'eſt pas tout ce qu'il y a à conſidérer. Suppoſons les pieces de bois ſans peſanteur, ou plutôt joignons leur peſanteur à l'effort de la puiſſance qui eſt appliquée à l'extrêmité, & conſidérons le tout comme un ſeul poids. Lorſque la piece eſt deux fois plus longue, il faut d'abord diminuer le poids de moitié, conformement au grand principe de méchanique; mais

le poids étant moindre, les fibres dans le point de la rupture seront moins obligées de se courber les unes sur les autres, ce qui leur permettroit de soutenir un plus grand poids, si ce n'est qu'enfin il y a une derniere considération à avoir, c'est que la piece de bois dans la partie qui la rend plus longue, n'est pas exempte de se courber, ce qui allonge encore les fibres & diminue la force de la piece.

Il est aisé de reconnoître que la forme que la théorie eût donnée aux mâts, faisant abstraction de toutes ces considérations, doit être alterée.

M. de Buffon a fait des expériences pour reconnoître la loi de résistance que suivent les pieces de bois de longueur inégale, & elles méritent d'autant plus de servir de regle, qu'elles ont été faites avec soin & qu'elles ont l'avantage d'avoir été exécutées en grand. On peut les représenter assez exactement en supposant que le moment de l'effort qui travaille à les rompre, dépend de la longueur du bras de levier élevé à une puissance dont $\frac{4}{5}$ ou $\frac{5}{4}$ est l'exposant. Supposé qu'une piece de bois ait soutenu à son extrêmité un poids de 20000 livres, un autre de la même grosseur, mais qui sera quatre fois plus longue, ne pourra pas soutenir 5000 livres; mais le poids doit être diminué dans le rapport de $4^{\frac{4}{5}}$, ensorte que la deuxieme piece ne soutiendra que 3500 livres; il suit delà qu'on doit donner aux mâts une figure différente, nommant x les longueurs des différentes parties, & y le diametre des grosseurs, on aura non pas x comme dans la premiere solution, mais $x^{\frac{5}{4}}$, pour les efforts que chaque point a à soutenir, & comme y^3 représente toujours la resistance en chaque endroit : $x^{\frac{5}{4}} = y^3$ ou $x^5 = y^{12}$ ce qui montre que le mât doit différer beaucoup moins de la forme de la parabole ordinaire.

Nous devons avertir que si l'on traitoit les choses à la rigueur, la forme des mâts devroit être différente, quand on porte les perroquets & toutes les voiles, les huniers & les basses voiles &c, lorsqu'on considere les roulis, selon que les haubans sont plus ou moins ridés, si l'on supposoit même les haubans inflexibles, la forme des mâts devroit être absolument différente, ensorte que la forme des mâts ne pouvant être variée selon

toutes ces considérations, il est prudent de s'en tenir aux formes reçues.

Pour ce qui regarde les vergues, elles doivent être plus aiguës par les extrêmités. Le principal effort qui travaille à les rompre, a lieu lorsqu'on les brasse; l'expérience montre que les vergues rompent ordinairementvers le milieu ou à peu de distance.

Il suivroit de la considération, que les vergues rompent le plus souvent, par l'effort que l'on fait en les brassant, que leur figure devroit une parabole cubique, puisque la théorie précédente y est applicable, ou plus exactement une parabole dont l'équation est $x^3 = y^{12}$.

Si l'on considere l'effort du vent, on verra que l'effort absolu qui travaille à les rompre, est désigné par x qui marque la largeur des différentes parties de la voile à commencer depuis l'extrêmité voisine. Cet effort est outre cela appliqué à un levier dont la longueur est x; ainsi on a x^2 = l'effort relatif = la résistance ou $y^4 = x^3$. ce qui rendroit leurs formes plus coniques.

Dans la diversité de considérations physiques qui devroient régler la forme des mâts & vergues, on ne pouvoit rien faire de mieux que de consulter l'expérience &, c'est celle qui en a fixé la forme; il n'est pas hors de propos de faire attention que toute cette théorie suppose des bois du même genre, & dont quelques parties ne soient pas affoiblies par des vices. Si l'on pouvoit seulement faire quelqu'observation, c'est qu'en général les mâts d'hune sont les plus foibles de tous les mâts, puisqu'ils rompent plus souvent que les mâts majeurs; mais il faut avouer qu'il étoit très-raisonnable de les faire plus foibles que les mâts majeurs, parce qu'il n'y a nul comparaison entre les désavantages de la rupture des uns, ou des autres. Les mâts de perroquet ne doivent pas non plus être affoiblis, parce que vu la petitesse de ces mâts, on les affoibliroit considérablement en diminuant très-peu les poids; car dans toutes les choses de pratique il faut balancer les avantages & les inconvéniens. Il ne resteroit donc que de rendre les diametres des mâts d'hune plus forts; mais il y auroit à craindre que cela n'affoiblit un peu trop les mâts majeurs, dont la conservation est trop importante pour

qu'il ne soit pas avantageux que la rupture soit déterminée au dessus, ce qui doit faire conserver la mâture actuelle.

112. Un objet sur lequel il semble que nous puissions porter nos vues, c'est sur l'épaisseur des bordages & principalement de ceux des ponts. On peut se proposer de savoir s'ils sont trop forts. En commencant à traiter ce sujet théoriquement, nous avouerons que nous n'aurions qu'une solution peu utile, si nous n'avions des faits pour nous. Les bordages des ponts sont faits pour porter leur artillerie, & l'on donne 5 pouces d'épaisseur à ceux qui doivent porter du 36, dont le poids ancien avec l'affut étoit de 9100 liv.: comme les roues de l'avant & de l'arrierre ne portent pas sur le même bordage, on ne doit compter que sur 4550 livres, & nous en supposerons 4800 liv.; mais eu égard à la distance ordinaire des beaux, dont l'intervalle entre les *faces* antérieures d'un beau, & la face postérieure de l'autre, est d'environ 4 pieds, il n'est pas possible qu'il n'y ait plus de la moitié de ce poids à considérer: car si une des roues est au milieu de l'intervalle, l'autre sera sur le beau: ainsi il y a 2400 livres à 2 pieds, ou un effort plus que double de ce qu'il seroit à un pied, & dans le rapport de 20 à 24: ainsi il est égal à un effort de 5300 livres à 1 pied. Une piece de bois de 5 pouces de haut, sur un pied de large, par l'expérience fondamentale, ne romproit que par un poids de 130 liv., 25 ou 3250 livres; ainsi si les bordages ont 8 à 10 pouces de large, ils peuvent porter 26 à 32 milliers, ce qui est si supérieur au poids que les bordages ont à porter, qu'il n'y a nul doute qu'ils ne soient trop forts.

Aussi voyons-nous que les Anglois pour porter les canons de 42 qui pesent 7 milliers de nos livres sans l'affut, ne donnent aux bordages que 4 pouces Anglois ou 3 pouces $\frac{1}{4}$ de notre mesure; de sorte que pour nos canons qui pesoient 78 quintaux, 4 pouces étoient suffisans; effectivement ces bordages peuvent soutenir un effort de près de 130 livres 16 ou 2080 livres; ainsi ces bordages ayant 8 à 10 pouces, peuvent porter poids 16. 640 ou 20 800 liv., ou au moins le triple de ce qui est nécessaire; on convient qu'il feroit absurde de ne pas donner une force de beaucoup supérieur à celle qui est nécessaire par le calcul; mais

au moins conviendra-t-on que celle-ci étant triplée par le calcul de ce qu'elle doit soutenir, ayant sur-tout pour preuve de la possibilité, ce qui se passe dans une nation, *où c'est une regle général de faire les ponts ausi légers qu'il se puisse*, cette opinion ne peut être regardée que comme solidement établie.

Cette diminution d'épaisseur de bordages recommandée par les Anglois, est extrêmement avantageuse pour les qualités des Vaisseaux & pour l'économie. Je suppose un Vaisseau de 43 pieds de large & 170 de long, les surfaces du premier pont seront à peu près 5500 pieds quarrés, ou 450 pieds cubes, ou 14 tonneaux 800; mais pour gabarier les bordages il y a environ $\frac{1}{2}$ de perte, c'est donc près de 700 pieds cubes de bois du côté de l'économie.

Le deuxieme pont a ses bordages de 3 pouces $\frac{1}{2}$ & il suffiroit que les bordages eussent 3 pouces; il résulteroit avec ceux des gaillards une épargne de près de 350 pieds cubes bruts ou 7 tonneaux en place.

Voilà donc une diminution de bricolle de 21 t^x^. très-facile à faire : cette diminution de bricolle augmentera la stabilité des Vaisseaux, on permet le retranchement de 19 t^x^. de lest : ainsi le déplacement du Vaisseau peut être diminué de 40 t^x^. si l'on veut. On pouroit porter fort loin l'économie résultante de cet objet que nous nous proposons de traiter dans la suite ; il suffit d'avoir montré que cela mérite la plus grande attention, & que les regles de la construction Angloise sont fondées sur la raison.

L'objection que l'on peut faire contre cette diminution des bordages, se réduisant, je crois, à ce que les bordages selon M. Bouguer s'opposent à l'arc, nous traiterons ici de l'arc des Vaisseaux, après avoir encore observé que les bordages extérieurs des fonds des Vaisseaux Anglois, n'ont aussi que 4 pouces Anglois ; d'où je crois qu'il suffit que ceux de nos Vaisseaux aient 4 pouces François & 3 $\frac{1}{2}$ pour les Vaisseaux de 64 canons ; ceux de flottaison sont à la vérité plus forts que les nôtres ; mais il en résulteroit toujours une économie de plus de 1000 pieds de bordages bruts.

J'approuverois certainement cette même pratique, mais il

faut convenir que cela n'a aucune influence sur les qualités des Vaisseaux; ainsi on ne peut autant insister sur l'utilité de suivre la méthode Angloise : je l'approuve parce que de tels bordages lient les couples des Vaisseaux à peu près avec la même force, en fournissant un point d'appui suffisant aux chevilles & aux clous, parce qu'il en résulte une épargne considérable, sur la quantité de ce bois employé, bois qu'il importe extrêmement de ménager.

Comme on pouroit craindre d'après ce qu'a avancé M. Bouguer, que la diminution des bordages des ponts ne contribuât à l'arc des Vaisseaux, on remarquera que ce n'est qu'un desir de prevenir les objections, qui a fait faire celle-ci : car la force du restant des *bordages*, des *iloires* feroit plus que suffisante pour prévenir l'arc selon M. Bouguer; mais il vaut mieux considérer ici cet objet important.

De l'arc des Vaisseaux.

Quoique je pense que le seul rapport entre la pesanteur de chaque partie & son déplacement peut prevenir l'arc des Vaisseaux, & que nulle espece de liaison ne peut produire cet effet, je n'oserois l'affirmer : ce qu'il y a de certain, c'est qu'il faut surtout faire attention que les liaisons qui dépendent d'une plus grande pesanteur de *courbes*, *guirlandes*, & qui appésantissent les extrêmités, augmentent l'arc au lieu de le prévenir; ce n'est pas à dire que d'autres raisons encore plus fortes n'exigent de lier ces divers parties : mais ici nous ne considerons que l'arc.

M. Bouguer pense qu'un Vaisseau qui arque, diminue de largeur, & que les ponts s'allongent. « C'est ce qu'on voit » *dit-il*, quand on prend une tasse en gondole, & qu'en la bais» sant par les deux extrêmités, on tâche de la courber en des» sous, on la rétrecit en même temps qu'on l'allonge par en » haut, la même chose doit arriver aux Navires qui s'arquent. » Si les beaux, au lieu d'être courbes (*continue-t-il*) étoient » parfaitement droits, il paroît qu'ils auroient beaucoup plus de » force pour empêcher les Navires de se rétrecir ».

Il

Il n'eſt pas hors de propos de remarquer que tout cet article paroît avoir été fait avec précipitation. Les *Baux*, comme tout le monde ſait, ont leurs convexités en haut; le poids de l'artillerie, des équipages, des bordages même, fait un effort qui tend à les redreſſer, & ils ne peuvent ſe redreſſer ſans élargir le Vaiſſeau. Si au contraire ils étoient droits, les poids de l'artillerie les courberoit, enſorte qu'ils préſenteroient enſuite leurs convexités en bas, ce qui retréciroit les Vaiſſeaux: ils paſſeroient de la ligne droite à la ligne courbe.

Il ſuit delà que l'expédient propoſé par M. Bouguer, produiroit un effet oppoſé à celui qu'il veut obtenir. Enfin il n'eſt pas douteux que les Vaiſſeaux, ceux ſur-tout qui ont ſervi en mer & qui ont une *tonture* de baux conſidérable, ne s'élargiſſent depuis leur conſtruction juſqu'à ce qu'on les refonde. C'eſt ce que j'ai reconnu autrefois dans le *Superbe* & *le Saint-Michel*, &c.

M. Bouguer, trompé pareillement par l'expreſſion incorrecte de quelques perſonnes, qui nomment la largeur du maître gabarit, largeur du maître bau, au lieu de dire largeur au maître bau, deſireroit que ces pieces ſe terminaſſent aux membres & non pas aux bordages, c'eſt-à-dire, qu'au lieu de les placer à côté des membres, on les mît en dedans en les faiſant plus courtes; mais cela s'eſt toujours pratiqué, ainſi qu'on peut le reconnoître en liſant les plus anciens livres de conſtruction: il n'y a nul bâtiment, ſoit marchand, ſoit de guerre, où cette diſpoſition ne ſoit ſuivie. Puiſque ce que M. Bouguer propoſoit, n'eſt autre choſe que ce qui s'eſt pratiqué de toute ancienneté dans les Vaiſſeaux, on ne peut le regarder comme un expédient pour prévenir l'arc.

Il nous reſte à examiner le troiſieme moyen. Lorſque les Navires s'arquent, les ponts, dit-il, ſe rallongent; je n'ai jamais remarqué de telles augmentations de longueurs, au moins d'une quantité ſenſible. L'exemple de la gondole n'eſt nullement applicable aux Vaiſſeaux: un Navire de 150 pieds, qui a 12 pouces d'arc, ſuppoſant que l'arc forme une portion de cercle, devroit allonger d'environ 14 pouces ſi l'étambot & l'étrave, faiſoient les mêmes angles ſur l'extrêmité de la quille. Ayant ſuivi diverſes refontes, je n'ai jamais vu d'allongement ſenſible; j'ai

trouvé aussi souvent des diminutions que des augmentations ; encore n'y a-t-il jamais eu que les erreurs de mesures presqu'inévitables.

Il résulte de toutes ces remarques pratiques, qu'il est difficile de prévenir l'arc : ce ne peut être en s'opposant au retrécissement des Navires ; car il est certain qu'ils s'élargissent au moins quand ils vont en mer : ce ne peut être en s'opposant à l'allongement des ponts, car les Vaisseaux s'ils s'allongent, le font d'une petite quantité, & si foible, que l'extension variable des bois, le jeu des clous suffiroient pour cet allongement ; d'ailleurs un Vaisseau pourroit arquer sans s'allonger ; un Navire, par exemple, qui auroit des baux fort tonturés en avant & en arriere & fort chargés, ne feroit pas susceptible de s'allonger à l'endroit du pont.

Si j'ai mis une restriction en parlant de l'élargissement des Vaisseaux, en disant sur-tout s'ils ont servi en mer, c'est qu'alors seulement les baux sont chargés d'artillerie sur les extrémités, de l'équipage, &c. ensorte qu'ils ne peuvent se redresser sensiblement qu'en mer ; enfin j'ai cru ne pouvoir affirmer s'il est possible de prévenir l'arc des Vaisseaux, parce que la maniere dont cet effet s'opere n'est pas assez parfaitement connue.

Nons sommes dispensés de suivre M. Bouguer dans l'examen qu'il fait ; si les moyens qu'il indique sont suffisans pour empêcher un Vaisseau de s'arquer, puisqu'ils tendent à s'opposer à des effets qui n'ont pas lieu. Enfin le plus grand nombre de *courbes*, *guirlandes*, que M. Bouguer désireroit qu'on mît vers les extrémités, en les appésantissant, ne feroit qu'augmenter l'arc : les Vaisseaux construits à Brest par feu M. Solinoc, avoient beaucoup de ces liaisons & s'arquoient considérablement ; mais on a vu des Corvettes, telles que *l'Anémone*, *l'Amaranthe & la Calipso*, qui ne s'arquoientpas même de plus d'un pouce.

Rien ne peut suspendre l'effet de ces loix de la nature, ces môles immenses que l'art éleve pour dompter la fureur des vagues, qui résistent à leurs efforts, sont détruits promptement, si le moindre filet d'eau vient à s'y ouvrir un passage ; l'arc est

pareillement l'effet d'une de ces loix, de l'effort que fait chaque partie pour occuper un déplacement égal à sa pesanteur, & c'est dans leurs égalités à chaque partie du Navire qu'on trouvera les moyens les plus sûrs pour empêcher l'arc. Au reste, tant qu'il n'est pas porté au point de gêner les canons des extremités de la premiere batterie, en rapprochant trop les *feuillets* de l'eau, cela peut passer pour une chose qui n'est pas d'une très-grande conséquence. Il est vrai que les lignes d'eau grossissent en avant & en arriere; mais il en résulte une plus grande stabilité, & ainsi il est possible de regagner une partie du désavantage qui résulte de l'arc en allégeant un tel Vaisseau.

Tous les soins doivent donc se borner à faire ensorte qu'un Vaisseau soit susceptible de peu d'arc; il seroit certainement préférable de l'empêcher absolument; mais il suffit de tâcher de le modérer; alors il n'en résultera que de très-foibles désavantages.

J'ai dit qu'on se flatteroit en vain de prévenir l'arc par le plus grand nombre de courbes, &c. dont le poids ne feroit que l'augmenter; qu'on ne s'imagine cependant pas que je regarde les liaisons des Navires comme de peu d'importance; il faut conserver toutes celles que la pratique de la construction a jugé nécessaires pour fortifier les extrêmités; un constructeur qui en essaieroit la diminution, ne devroit le faire qu'avec ces attentions qui dédommagent de la perte d'une quantité de la force par une meilleure application de celles qu'on emploie.

Les guirlandes de fer ont été employées dans quelques Navires; mais tous ceux qui ont examiné les liaisons résultantes des pieces de bois ou de fer, on peut même dire presque tous les constructeurs, trouvent qu'il n'y a nulle comparaison; effectivement un clou qui traverse une épaisseur considérable de bois, a beaucoup moins de jeu, a une plus grande ténacité, est bien plus resserré par les fibres du bois & par leur élasticité particuliere, qu'un clou qui traverse une courbe de fer; c'est ce que toutes les raisons possibles, & l'on peut dire l'expérience, ont confirmé: personne n'en doute; on a cependant eu recours en France aux courbes de fer, à cause de la rareté des courbes de bois.

En Angleterre, où il y a un plus grand nombre de Vaisseaux à

entretenir, on ne se plaint pas de la rareté des courbes de bois: quelle peut être la cause de cette différence? La nature doit se porter également dans les divers pays à donner les mêmes formes aux arbres; il ne peut donc qu'être utile de rechercher la cause de cette différence de pratique.

Nous exigeons en France que les courbes aient deux branches; l'une horizontale, ou à peu près, qui s'applique sur le bau; l'autre verticale, ensorte qu'elle forme un plan continu & qu'elle puisse porter à terre.

En Angleterre toutes les formes qu'elles peuvent avoir sont admises, & on a grande raison de ne pas insister sur ce qu'elles portent à plat; car si on regarde quelques-uns de ces arbres propres à faire des courbes, on y verra presque toujours une double courbure au collet: mais qu'importe cette double courbure? la courbe au lieu d'être chevillée sur l'allonge qui seroit sous une des faces du bau, le sera sur une autre allonge; mais la liaison n'en sera certainement pas plus foible.

Si donc on n'exigeoit pas que les courbes eussent cette espece de régularité, elles seroient communes en France comme en Angleterre, & il en résulteroit une beaucoup plus grande liaison: cette réflexion peut même être étendue à diverses pieces de bois: delà résulteroit ou une plus grande économie, ou une plus grande solidité: tout ce qu'on peut dire à l'avantage de celles de fer, c'est qu'étant moins épaisses, elles sont un peu moins embarrassantes; mais cette raison nous paroît de peu de poids.

Des Cordages.

113. Nous avons parlé de la résistance des bois; le grand usage qui se fait des cordages dans la Marine oblige de dire aussi un mot de leur force.

Il résulte des expériences de M. du Hamel, qu'en général on leur donne trop de tort, qu'ils sont trop *commis*, c'est-à-dire, que les fils sont trop raccourcis dans les diverses opérations par lesquelles ils passent avant de devenir des cordages; j'ai vérifié la justesse de ces observations; mais cette partie est traitée d'une façon si satisfaisante dans le traité de la Corderie &

dans son supplément, que nous y renvoyons le lecteur. C'est un modèle de la maniere dont les questions de physique doivent être discutées. On y remarque toutes les difficultés décomposées, l'examen particulier de chaque opération, de plusieurs réunies, & les expériences multipliées de l'ensemble des divers inconvéniens qui peuvent déterminer à sacrifier une partie de la force à la durée.

On rappellera une observation importante tirée du supplément au traité de la Corderie ; la résistance des cordages ne doit pas être évaluée à plus de la moitié de ce que donnent les tables ordinaires, un cordage de 2 pouces ne doit pas être exposé à porter plus de mille livres, ou peut-être même huit cent livres ; car on voit dans ce traité combien les cordages perdent par les successions de temps, & on ne doit compter pour la force des cordages employés au gréément, que celle qu'ils conservent après une certaine durée.

Si on venoit à suppléer au *gaudron* par quelqu'espece de moyen qui permît de défendre les cordages de l'humidité, il faudroit *prévenir les accidens qu'occasionneroit la tension des haubans, &c. s'ils conservoient toute leur élasticité & si on les ridoit, c'est-à-dire, roidissoit d'un temps sec ; parce que l'humidité en les raccourcissant, leur feroit emporter les port-haubans, & pourroit occasionner d'autres accidens ;* car la plus grande variabilité d'extension des cordages gaudronnés, leur peu de raccourcissement par l'humidité, font qu'on n'a pas à craindre de pareils efforts.

De la force que doivent avoir les Cordages.

Tous ceux qui ne servent qu'à soutenir l'effort du vent doivent avoir leur circonférence proportionelle aux largeurs; car la hauteur & largeur des voiles augmentent comme cette même largeur, la surface en est le quarré : telles sont les amures, écoutes, &c. ceux qui servent à soutenir le poids des vergues, des mâts, & vergues, comme les drisses, haubans, galhaubans, étais, &c. doivent avoir leur force proportionelle aux

cube des largeurs, & c'est ce qui s'observe pour les *drisses*; car les gros Vaisseaux ont un plus grand nombre de rouets, je dis que les haubans doivent soutenir le poids des mâts & mâture, il est vrai qu'ils soutiennent aussi l'effort du vent; mais ce n'est que leur moindre effort ; aussi ce n'est guere que les roulis qui les font rompre, ou du moins qui les allongent le plus promptement.

En effet lorsque l'inclinaison est de 30 degrés, il y a une moitié du poids de la mâture à soutenir, c'est-à-dire, une moitié des mâts, vergues, voiles, poulies, manœuvres, hunes & barres, &c. Tous ces poids ont un grand moment pour rompre la mâture inférieure : l'effort que souffrent les haubans, dans les mouvements du roulis est d'ailleurs accompagné de secousses & d'interruptions : il semble que la pratique a senti que la force des haubans devoit être proportionelle à la mâture ; car indépendamment de ce que leur grosseur suit la portion des largeurs, ce qui fait que la force de chaque hauban augmente comme le quarré des largeurs, le nombre des haubans n'est pas égal dans tous les Vaisseaux; les gros Vaisseaux ont 10 haubans de chaque bord; les très-petits en ont seulement 4. 5. 6. &c.

L'augmentation de force des haubans devroit être proportionnellement plus considérable, si ces roulis n'étoient pas plus lents dans les Vaisseaux que dans les Frégates : il semble que M. Bouguer en parlant des étais qu'il pense devoir augmenter comme les quatriemes puissances des largeurs, n'a pas fait cette derniere attention.

Ces deux regles générales suffisent pour fixer la proportion que les manœuvres des divers rangs des Vaisseaux doivent avoir entre elles, & pour se former une idée de ce qu'il est nécessaire d'observer dans cette comparaison; mais il seroit inutile d'entrer dans un plus grand détail qui seroit étranger à notre objet; d'ailleurs il y a des tables qui montrent quelles sont les longueurs & grosseurs des différents cordages.

Des Cables & Ancres.

Les cables ſont une partie des agrêts trop indiſpenſable pour le gréement des Vaiſſeaux, pour qu'il ſoit poſſible de ne pas examiner ici les efforts qu'ils ont à ſoutenir.

Ils ſervent à retenir les Vaiſſeaux, dans les mauvais temps, ou à les arrêter contre les courans ; on ſeroit diſpoſé à croire qu'un Navire qui marche aſſez bien, pour en tenir un autre de même rang avec quatre fois moins de voilure, doit éprouver beaucoup moins de réſiſtance du courant, & par conſéquent chaſſer beaucoup moins ſouvent, qu'il peut avoir des cables beaucoup plus foibles; mais on ſe tromperoit; ces Navires ſont entraînés par le courant à peu près également, ſi leur maître gabarit eſt égal : la cauſe de cet effet tient à la théorie générale de la mâture, & c'eſt avec raiſon qu'on les fait de la même groſſeur, quelque ſoit la figure des fonds, en affoibliſſant cependant les cables des petits Navires au delà de la proportion des largeurs. Les cables ne retiennent les Vaiſſeaux que par le moyen des ancres, leſquelles ſuivent à peu près le rapport du cube des dimenſions, pendant que les cables ſuivent la raiſon des quarrés à peu de choſe près; il faut convenir qu'il y a une eſpece d'inconſéquence ; car puiſque les cables ne retiennent les Vaiſſeaux que par le moyen de leurs ancres, les cables & les ancres devroient être proportionnels.

Au reſte je ne propoſe cette réflexion que comme un ſimple doute.

Il avoit été obſervé juſqu'ici dans la marine, de n'avoir que deux eſpeces d'ancres, les ancres principales & les ancres à touée qui avoient le quart du poids des ancres principales: l'utilité dont peuvent être des ancres d'une force intermédiaire me les a fait propoſer il y a deux ans; cette eſpece d'ancres deviendra certainement dans la ſuite d'un très-grand uſage.

Les cables des gros Vaiſſeaux ont ordinairement de circonférence la moitié de la largeur du maître bau réduit en pouces, & un pouce de moins ; les cables des Frégates ont même quelquefois un pouce trois quarts de moins; les grêlins ou cables

des ancres *à touée* ordinaires, ont de circonférence la moitié du maître cable.

Comme il est utile de connoître le poids des cordages, on donnera ici une regle qui est aussi exacte qu'il est nécessaire; c'est que le poids en livres d'une brasse de cordage est environ la cinquieme partie du quarré de la grosseur exprimée en pouces; ainsi si un cable a 20 pouces de circonférence, le quarré de sa grosseur est 400 dont la cinquieme partie ou 80 est le poids d'une brasse de ce cordage, & comme les cables ont 120 brasses de long, le poids du cable entier sera 9600 livres.

Ce qui a été dit de la force des cordages en général, est applicable aux cables en particulier.

Diverses Observations.

115. Dans les Navires de guerre, la force des allonges doit être dans quelque rapport avec la force de l'artillerie, & cette force de l'artillerie dépend de son poids & de la charge. Il en résulte, & ceci est à examiner dans l'état présent de l'artillerie, que si on diminue l'une & l'autre, on peut diminuer la force des allonges de revers. Dans un combat, relativemen au recul, c'est moins la pesanteur de l'artillerie, que la charge que l'on doit envisager; mais relativement à ce que le canon est mis au sabord, & quelquefois avec vîtesse, sur-tout s'il s'y joint un roulis, il faut considérer plus particuliérement le poids de l'artillerie; & c'est le plus important: de ces observations assez simples, il résulte qu'on ne doit pas augmenter les allonges de la premiere batterie d'un Vaisseau à trois ponts proportionellement aux largeurs: enfin on doit toujours chercher à réunir la solidité, l'économie & la force.

Je crois qu'il est à propos d'espacer les couples de *levée*, en sorte qu'il y ait toujours un couple à chaque côté du sabord, & ce seroit une méthode défectueuse que celle qui formeroit les sabords dans les couples, faisant répondre une *maille* au milieu des sabords, parce qu'il y a défaut de solidité, & plus grande perte de bois.

On

On trouve des Observations intéressantes sur la résistance des bois, par rapport aux boulets dans le Traité d'Artillerie de M. Robins : Livre dont on ne peut trop recommander la lecture.

« On fit un but composé de cinq madriers, ou de 32 pou-
» ces ½. (*Nota*. Dans tout cet article, il s'agit de mesures An-
» gloises). Deux des madriers étant alternativement placés per-
» pendiculairement & horizontalement, chacun étoit attaché
» par des crampons à celui qui le suivoit. Le tout étoit en-
» suite lié ensemble par des pieces de traverse, & étayé de
» part & d'autre. On se servit d'une piece de 18 liv. de balle.

» Tout étant ainsi préparé, on tira la piece successivement
» avec des charges de 3 liv. ½, de 3 liv. & 2 liv. ½ de pou-
» dre ; chaque fois le boulet perça le but tout entier, & em-
» porta avec lui de grands éclats ; mais celui qui fut tiré avec
» 2 liv. ½ de poudre y fit plus de dommages que tous les autres.
» Il arracha les crampons, sépara les madriers, & rompit en
» deux le dernier qui étoit épais de 6 pouces ½ & large de 15.

» Ces expériences faites, comme ces madriers joints ensem-
» ble n'opposoient point au boulet autant de résistance qu'une
» solive solide & d'une seule piece, j'en fis préparer de chêne
» d'Angleterre bien sec & bien dur, & qui avoient environ
» 1 pied ½ d'épaisseur sur deux de large. On en planta trois per-
» pendiculairement à côté l'une de l'autre; derriere on en cou-
» cha trois autres, & enfin, derriere celles-ci, on en planta
» encore perpendiculairement trois autres semblables aux pre-
» mieres ; de sorte que le but avoit 4 pieds ½ d'épaisseur, tou-
» tes les pieces étoient attachées par des crampons de fer qui
» le traversoient, & on avoit placé des étais pour les soutenir
» devant & derriere.

» Tout étant ainsi disposé, & la charge étant de 6 liv. de pou-
» dre, le boulet pénétra dans le but depuis 37 jusqu'à 46 pou-
» ces de profondeur ; avec trois liv. il pénétra de 33 pouces, &
» enfin il s'enfonça de 28 avec 2 liv. ½, & de 14 à 15 ½ avec
» 1 liv. Il est bon de vous faire observer qu'à chaque épreuve
» on avoit soin de tirer contre une partie du but qui n'étoit
» point endommagée par les autres coups. J'ajouterai aussi que

» les crampons qui tenoient les pieces de bois liées ensemble ; » furent, par ces secousses fréquentes, courbés comme des fils » d'archal ». *Nota.* L'enfoncement est moindre dans les Vaisseaux

116. Les raisons d'économie font voir qu'il est avantageux de *dévoyer* les couples des extrêmités, c'est-à-dire, de les placer avec une certaine obliquité sur la quille, pour qu'ils en aient une moindre sur les *lisses*. Les Anglois ont mis cette pratique en usage : on s'en est servi à Rochefort du temps de MM. Gelin & Morineau : je sais que M. des Lauriers l'a employée sur quelques Navires ; on en reconnoitra l'utilité, si l'on considere le couple dans l'endroit où la lisse fait un angle de 45^{d} avec les paralleles à la quille. Pour avoir une piece de bois de 14 pouces d'équarrissage, il faut une piece qui en ait 20 sur une face, ces grosses pieces sont d'ordinaire plus rares, plus sur le retour ; car comme les arbres ont rarement une si grande ellipticité, il faut aussi diminuer leur épaisseur, & il faut des pieces qui aient au moins 17 sur 21. Ces pieces sont même si rares que l'on est obligé de laisser du bois qui n'est pas trop fait dans la partie extérieure du couple la plus voisine du milieu, & que l'autre est entamée presque vers le centre ; ce qui, dans ces pieces très-grosses où le centre est trop avancé, contribue à leur pourriture & à leur prompt échauffement.

De plus, dans cette partie, il y a beaucoup plus de *porte-à-faux* pour les bordages, à cause de la difficulté de les équarrir à vive-arrête, parce qu'il faudroit des pieces trop fortes ; c'est donc une nécessité de suivre cette méthode, puisqu'elle épargne beaucoup de bois ; & que, suivant les connoissances que chacun a des bois, il en résultera plus de durée, & par conséquent de solidité dans cette partie.

Nos Constructeurs sont assez habiles, assez zélés pour le service du Roi, pour ne pas regretter le surplus de travail que donne cette méthode. C'est de M. des Lauriers que je l'ai apprise, Pendant qu'il construisoit à Brest. J'ai vu qu'elle est pratiquée dans l'Angleterre & en Suede, &c. tout en général en montre l'utilité.

Puisque nous avons été obligés de dire un mot des lisses ;

nous ne pouvons nous empêcher de rectifier ce que dit M. Bouguer dans les Chapitres VI, VII & VIII du premier Livre; c'est dans la page 42.

« Il se présente ici une remarque importante qui étonnera » sans doute les Constructeurs, de même que toutes les autres » personnes qui ont quelques connoissances de l'Architecture » navale; les lisses marquées par des lignes droites dans le plan, » & qui servent à l'achever, ne répondent point exactement con- » tre ce qu'on a pensé jusqu'à présent aux lisses placées de la ma- » niere ordinaire sur le Vaisseau, &c. & page 43.

» Les Lecteurs qui, faute de géométrie, ne voient pas avec » assez d'évidence, la vérité de ce que nous avançons ici, peu- » vent s'en convaincre aisément, à l'égard des lisses placées » comme on les place toujours; ils n'ont qu'à les regarder d'une » certaine distance, & chercher s'il y a un point d'où elles parois- » sent des lignes parfaitement droites, & ils verront que non ».

M. Bouguer n'a pas assez connu l'usage que les Constructeurs font de ces lignes tracées & rapportées sans considération des hauteurs sur le plan horizontal, qu'on nomme le plan des lisses. Cette opération du Constructeur n'a lieu que pour la conduite du plan : mais pour l'exécution, il trace ce qu'on appelle les *lisses* d'exécution & d'ouverture; pour cela, il rapporte à chaque couple, comme ordonnées, les lignes droites transversales prises sur le plan vertical obliquement, & depuis l'endroit où elles coupent la ligne du milieu.

Tous les Lecteurs savent que dans la sphere, ou généralement l'ellipsoïde, les demi-ellipses paroissent des courbes à double courbures, à moins que l'œil ne soit dans le plan qui passe par la courbe & par l'axe de l'ellipsoïde; mais alors on ne retrouve plus qu'une courbe à simple courbure; & pour simplifier encore dans la sphere, tous les cercles sont certainement à une simple courbure, si l'œil les envisage relativement à l'axe de la sphere; mais si l'œil n'est pas dans ce plan, c'est une courbe à double courbure, dont l'équation connue rapportée aux trois plans principaux est $xx + yy + zz = rr$.

De même toutes les lisses des fonds sont, à simple courbure, considérées relativement à l'axe de longueur qui est dans le plan

perpendiculaire à la quille : & cet axe a pour hauteur celle où la ligne des lisses coupe ce plan.

Rapportées à ce plan, elles sont des courbes à simple courbure laquelle est tracée très-géométriquement : comment eût-il été possible en effet, que ces lisses eussent jamais pu être *gabariées*, si les Constructeurs n'avoient employé qu'une méthode défectueuse. Les Constructeurs, cités ci-dessus, & plusieurs autres qui ont fait honneur à la France, & qui ont vécu avant la premiere édition du Traité du Navire, gabarioient dès-lors leurs lisses d'ouverture.

Cette méthode, visiblement exacte, a d'ailleurs l'avantage de la simplicité, & si l'on regarde d'ordinaire les lisses comme courbes à double courbure, c'est qu'il est difficile de saisir l'axe où elles doivent être rapportées, parce que cet axe n'est marqué dans le Vaisseau par aucune ligne visible.

Il n'y a plus maintenant que les *préceintes* qui soient dans le cas d'être des courbes à double courbure, sous quelque point de vue qu'on les considere; car elles ne peuvent être rapportées sur aucun plan, sous la forme d'une ligne droite. Il étoit à propos de donner cette idée des lisses pour éviter qu'on ne confondît les lisses ou lignes droites du plan vertical qui n'en sont que la projection, avec les lisses véritables nommées d'*execution* ou d'*ouverture* : c'est d'ailleurs un devoir de rendre justice à un Corps tel que celui des Constructeurs, qui distingué maintenant par ses connoissances, mais toujours conduit par un sens droit & une géométrie naturelle, a prévenu la théorie par des chefs-d'œuvres.

Quoique les Pompes soient d'un usage indispensable dans la Marine, il semble que ce seroit une chose étrangere à la Construction, que d'entreprendre d'en donner la théorie : cette partie se trouve traitée dans l'Architecture hydraulique de Bélidor ; dans la Physique de Desagulliers, &c. Un Mémoire de M. de Borda(*Mémoires de l'Acad. Royale des Sciences, année* 1768,) renferme une théorie fort belle sur les *étranglemens*, ou les les effets du rétrecissement du passage de l'eau, &c.

CHAPITRE XVI.

De la fixation des rangs.

I.

117. IL me reste à traiter de la fixation des rangs des Vaisseaux; il ne se trouvera que de légeres différences, avec le travail fait en 1763, par ordre de M. le Duc de Choiseul, de concert avec M. de Morogues, Lieutenant Général des Armées Navales, & M. Gauthier, Ingénieur-Constructeur, maintenant employé en Espagne, avec un Brevet de Brigadier des Armées de Sa Majesté Catholique.

On a pu observer que les avantages de la longueur peuvent être détruits, parce que la hauteur résultante de cette longueur pour le point vélique, peut être trop considérable, eu égard à la tenue des mâts, (nos 73 & 105,) & si cette condition n'est pas remplie, le Navire éprouve des excédens de résistance que j'ai nommés *accidentels*; il y a donc des limites qu'il s'agit d'établir.

La premiere question qui se présente est celle-ci: doit-on fixer le rapport des longueurs aux largeurs? Considérons d'abord deux armées égales en nombre de Vaisseaux, mais dont l'une sera composée de Navires médiocres en qualité, pendant que ceux de l'autre armée seront les uns très-supérieurs, les autres très-inférieurs à ceux de la premiere armée: il est certain que celle qui sera composée de Vaisseaux médiocres aura un très-grand avantage sur l'autre; car la nécessité de faire tous les mouvemens ensemble, annullera l'avantage des Vaisseaux très-supérieurs en qualité; si quelques-uns virent mal, c'est comme si tous viroient mal; si quelques-uns dérivent beaucoup, les autres Vaisseaux seront obligés d'arriver, &c. Cette vérité bien examinée, donne une regle générale de construction. *On ne doit pas faire des Vaisseaux dont les proportions principales aient*

des rapports très-différens, & les grands Vaisseaux doivent avoir un peu moins de longueur proportionnelle : mais si on fait des Vaisseaux du même rang très-longs, d'autres très-courts, l'inégalité de dérive, de facilité de gouverner, de marche vent arriere & au plus près, qui sera toujours plus considérable, lorsque ces proportions principales seront sans rapport fixe, sera très-préjudiciable.

Un Tableau de ces différens rapports, pour quelques Vaisseaux de la même escadre, montrera combien il est nécessaire de le fixer : on a vu

	largeur,	longueur.
le Juste;	42 6 p^ds	152 p^ces
le Dauphin-Royal,	43	136
le Tonnant,	46	168
le Solitaire,	41 6	166
le Robuste.	44	176

Pourroit-on trouver rien de plus propre à mettre le désordre dans les mouvemens d'une escadre. Il est vrai qu'on ne retrouve plus des rapports, tels que ceux *du Juste*, mais il y a encore jusqu'à 10 pieds de différence de longueur, la largeur étant la même.

II.

118. Je conviens qu'on ne peut fixer un rapport des longueurs aux largeurs, qui soit démontré le meilleur possible ; mais il suffit qu'on trouve des Vaisseaux regardés comme d'excellens voiliers faits sur un rapport quelconque, pour qu'il ne puisse rester aucun doute sur la possibilité d'en faire de bons avec ce même rapport. Si les longueurs ne sont pas outrées, ces Navires gouverneront bien, & auront cet avantage sur ceux qui auront les mêmes qualités du côté de la marche, avec une plus grande longueur. Avant d'entrer dans un plus grand détail, on examinera ce que chaque systême de guerre exige.

On doit en considérer trois, celui des combats en ligne, de Vaisseau à Vaisseau au canon, & à l'abordage.

Dans le premier systême, la facilité de virer & de gouver-

ner eſt eſſentielle. Il faut pouvoir arriver dans peu d'eſpace : il eſt inutile de citer aux manœuvriers tous les cas où il peut être néceſſaire d'arriver, mais il faut perdre peu du vent, ſans cela le Navire ne peut ratraper ſon poſte : on ajoutera même qu'il faut beaucoup plus gouverner par le Gouvernail que par les voiles. Il faut encore que les Navires portent bien la voile, pour ne pas perdre l'uſage de leur premiere batterie.

Dans les combats de Vaiſſeau à Vaiſſeau au canon, la facilité de gouverner eſt un très-grand avantage, parce qu'elle permet de ſe maintenir dans les poſitions favorables : il faut encore bien porter la voile.

Si l'on veut aborder, la principale & preſque l'unique qualité que doit avoir le Vaiſſeau, eſt de bien gouverner ; il eſt auſſi aſſez avantageux qu'il domine. La marche eſt néceſſaire, à la vérité, pour gagner le vent, quand on eſt ſous le vent : on ſent bien qu'on n'aborderoit pas un Navire qui ayant une marche ſupérieure voudroit ſe tenir loin ou au vent, il en eſt de même, ſi ce Navire ſupérieur en marche, vouloit éviter toute ſorte de combat ; mais cela n'empêche pas qu'on ne puiſſe dire que le ſuccès de l'abordage, dépend de la facilité d'arriver, & il eſt eſſentiel d'obſerver *que le Navire très-long & qui arrive difficilement ne peut jamais aborder l'ennemi qui eſt ſous le vent & même très-près, s'il a la moindre attention à ſa manœuvre, & qu'il ſeroit même très-dangereux de vouloir s'y opiniâtrer.*

Je ne connois qu'un ſeul genre de combat où la qualité de gouverner ſoit d'une foible importance, c'eſt lorſqu'on ſe canonne à grande diſtance.

On a ſouvent répété dans le Public le proportion qu'on n'aborde plus ; on en a parlé dans des ouvrages peu faits par leur nature pour de pareilles diſcuſſions : il nous ſera ſans doute permis de remarquer que notre genre de conſtruction y eſt abſolument oppoſé, indépendamment des autres cauſes qui en rendroient maintenant le ſuccès plus incertain, tels que la différence des armemens des Navires Anglois, &c.

Juſques dans les choſes les plus ſimples, il ſemble qu'on ait renoncé à l'avantage de gouverner ; n'eſt-il pas étrange que nos

gouvernails aient leurs surfaces d'environ $\frac{1}{5}$ ou $\frac{1}{4}$ plus foibles que ceux des Navires Anglois. Il suffit d'indiquer cette erreur de notre construction, pour espérer qu'on la corrigera dans les Vaisseaux de guerre.

Comme la marche est en même temps une qualité importante, il faut chercher un rapport des longueurs aux largeurs qui ait donné de très-bons voiliers ; le *Soleil Royal* avoit 48 pieds 6 pouces de large, & 183 de long, le *Bizarre* 40 pieds 6 pouces de large & 151 de long ; j'adopte ce rapport ou celui de 3 $\frac{4}{5}$ à 1, ou de 23 à 5.

On ne trouve pas que l'*Orient*, le *Solitaire*, le *Duc de Bourgogne*, &c. aient eu un avantage sur ces Vaisseaux, & ainsi cette proportion paroît convenir. Le *Foudroyant*, étoit protionellement plus court ; le *Magnanime*, dont les Anglois ont fait le plus grand cas avoit à peu-près ce rapport.

Comme on a eu d'ailleurs plusieurs Vaisseaux de 74 canons, de Brest, qui n'en étoient pas fort éloignés, nous pensons qu'il ne peut rester aucun doute sur la facilité de faire ces Vaisseaux, ayant 43p^ds de large & 163 de long, puisque plusieurs ont même été construits avec ces mêmes proportions, & que nous retranchons un grand poids de bordage, &c.

La diminution de longueur des canons permet d'en diminuer un peu l'intervalle, parce que les refouloirs & écouvillons sont plus courts.

Enfin pour augmenter encore la facilité de faire ces Vaisseaux, on doit observer que le poids de l'artillerie est diminué d'environ $\frac{1}{12}$, que les bordages des ponts doivent être seulement de 4 pouces pour porter le 36, & 3 pour le 18.

Cependant pour prévenir les objections, je donnerai en général à tous les Vaisseaux 6 pouces de largeur, & 3 pieds de plus de longueur qu'il n'est nécessaire.

Comme tout l'armement des Vaisseaux de guerre se rapporte au canon, il est essentiel de voir d'abord l'équipage nécessaire à chaque Vaisseau.

On doit observer que pour armer les canons, il faut un homme par 500 liv. du poids de la piece, & le Chef en outre, selon

selon cette regle un canon de 36 pese 72 quintaux, il faut 16 h.

24	53	12
18	40	9
12	30	7
8	21 $\frac{1}{2}$	6
6	16	5
4	11 $\frac{1}{2}$	4

Lorsqu'on se servoit de l'ancienne artillerie, il falloit un homme de plus pour tous les canons jusqu'au 12 compris: l'on doit augmenter le nombre de moitié à cause de ceux qui ne sont pas employés à l'artillerie. Comme on pourroit vouloir comparer les armemens résultans de cette regle, avec les anciens, on doit remarquer que les gardes de la Marine ne sont plus portés maintenant sur ce rôle, ni les domestiques, ce qui fait une différence d'une vingtaine d'hommes au moins.

Je ne crois pas qu'on puisse trouver une regle plus assurée pour régler les équipages des Vaisseaux, car je ne puis approuver qu'on excede le nombre nécessaire de l'équipage. Un Vaisseau à trois ponts, par exemple, qui a 400 hommes d'équipages de trop, en est-il plus fort? Incontestablement il lui faut plus de vivres, d'eau; ce poids de l'équipage est lui-même bricolle, il contribue à faire plier le Navire, ainsi on perd de la batterie, de la stabilité, & il est très-possible que ce grand nombre d'hommes, par les accessoires qu'il entraîne, soit cause qu'on ne puisse se servir de la premiere batterie dans de certains temps, enfin c'est toujours diminuer la ressource pour avoir un plus grand nombre de Vaisseaux; il est donc un certain point convenable: voici celui que j'ai fixé pour tous les Vaisseaux.



Vaisseaux à trois Ponts.

116 canons.	équipage	108 canons	équipage.
16 de 36	256 hommes.	15 de 36.	240 hommes.
17 de 24	204	16 de 24	192
16 de 12	112	16 de 12	105
9 de 6	45	8 de 6	40
58 TOTAL	617	54 TOTAL	580
Moitié à ajouter	309	Moitié à ajouter	290
Équipage.	930	Équipage	870

Vaisseaux à deux Batteries.

80 canons.		74 canons.		74 canons.		66 canons.	
15 de 36	240	14 de 36	224	14 de 36	224	13 de 24	156
16 de 24	192	15 de 24	280	15 de 18	135	14 de 18	136
9 de 12	63	8 de 12	56	8 de 8	48	6 de 8	36
TOTAL	495	TOTAL	460	TOTAL	407	TOTAL	328
Moitié	248	Moitié	230	Moitié	203	Moitié	164
Équipage	750	Équipage	700	Équipage	620	Équipage	500

58 canons.		54 canons.		54 canons.	
12 de 24	144	12 de 18	108	11 de 18	99
13 de 12	91	13 de 12	91	12 de 12	84
4 de 6	20	2 de 6	10	4 de 6	20
TOTAL	255	TOTAL	209	TOTAL	203
Moitié	127	Moitié	109	Moitié	103
Équipage	400	Équipage	320	Équigage	320

Il y à deux rangs dont je ne parle pas : celui des Vaiſſeaux de 80 canons portant 36, 18 & 8, & les Vaiſſeaux de 64 canons, portant 24, 12 & 6, je les regarde comme défectueux parce que ſi on conſerve au Vaiſſeau de 80 canons, la même largeur qu'au Vaiſſeau de 74 canons, il ſort de la regle établie pour l'égalité des mouvemens des Vaiſſeaux ; car un tel Navire a 10 pieds de plus de longueur, que celui de 74 canons ; ſi la largeur eſt augmentée proportionnellement ou à peu-près, il peut porter 36, 24 & 12.

De même le Vaiſſeau percé à 13 ſabords, forme un rang qui peut facilement porter du 18 à la 2[me] batterie, & du 8 ſur les gaillards, & il y a une raiſon de plus pour donner des canons d'un calibre ſupérieur aux anciens ſur les gaillards, c'eſt que la nouvelle artillerie, étant plus courte, il y a quelqu'inconvénient par rapport aux rides d'haubans.

Il faut voir maintenant quelles doivent être les proportions des Vaiſſeaux, l'artillerie & l'équipage étant donnés, avec le rapport des longueurs aux largeurs ; pour cela nous avons beſoin d'un terme de comparaiſon, je le prends dans les Vaiſſeaux tels que l'*Intrépide*, le *Monarque*, &c. qui avoient 43 pieds de large ; mais comme on a quelquefois trouvé ces largeurs foibles, je ſuppoſerai pour ce rang 43 pieds, 6 pouces & 165 de long.

En ſuivant la regle des racines cubes, du nombre d'équipage, car tout y eſt proportionnel, le Vaiſſeau de 74 canons, portant du 24, aura 2 pieds de plus de largeur : le Vaiſſeau de 80 canons doit avoir 3 pieds un pouce de plus : le Vaiſſeau de 64 canons, doit avoir 3 pieds 1 pouce, je lui donne 41 pieds de largeur : le Vaiſſeau de 58 canons, doit en avoir 37, & celui de 50 devroit avoir 36, 7 ; mais comme dans les Navires de même genre, la ſtabilité diminue comme les dimenſions, on doit la rétablir : elle eſt plus foible dans le Navire de 50 canons de $\frac{1}{11}$; le moment du 2[e] pont eſt plus conſidérable, parce que les hauteurs des ponts ne ſuivent pas les raiſons des largeurs : ſi le poids de l'œuvre morte, allonges, bordages eſt plus conſidérable, il y a plus de mailles, un moindre poids proportionnel de baux & bordages du premier pont, on obvie à ce dé-

faut de ſtabilité, par la plus grande dimenſion : il en eſt de même du Vaiſſeau de 58 canons & des autres.

Pour ce qui concerne le Vaiſſeau de 64 canons, j'ai toujours inſiſté ſur ce rang, parce qu'il conſtitue des Vaiſſeaux de force; & l'opinion de M. le Vicomte de Morogues, & M. Gauthier, s'étant trouvée la même, j'ai vu avec plaiſir, quand je l'ai communiquée à M. des Lauriers, que non-ſeulement il étoit de même avis, mais qu'il avoit propoſé en 1758, de faire un tel Vaiſſeau; ce projet avoit été agréé, & le Vaiſſeau qu'il devoit conſtruire avoit été nommé l'*Aſtronome;* les circonſtances ont arrêté cet eſſay : M. des Lauriers vouloit 41 : 6 & 152, quoique cette dimenſion & celle que je propoſe, ſoient bonnes tous les deux, je m'en tiens à celle que j'ai fixée; la diminution de longueur & du poids des canons actuels, faiſant que 41 pieds ſont plus conſidérables, & donnent plus d'aiſance pour le 18, que 43 pieds, avec l'ancienne artillerie, & autant que 44 pieds : quelques perſonnes trouveront d'ailleurs que la proportion demandée par M. des Lauriers, rendroit les Vaiſſeaux proportionnellement trop courts, mais il s'agit moins ici de cette différence de largeur qui, en 1758, étoit convenable, que de rendre juſtice aux vues de M. des Lauriers qui a ſenti la néceſſité de ce rang.

Je prévois que l'on dira que me voici retombé aux anciens rangs de Vaiſſeaux, tels que le *Fleuron*, le *Saint-Michel*, l'*Ardent*, &c. J'avoue que je ne puis regarder le *Fleuron* comme un mauvais Vaiſſeau; mais d'ailleurs, je lui donne 16 tonneaux de moins de poids d'artillerie : je ſuppoſe des ponts plus légers ſur leſquels la diminution eſt encore d'environ 16 tonneaux, il ſeroit également armé avec 12 hommes de moins : ces Vaiſſeaux ont, en pieds françois, les mêmes dimenſions, à peu-près que les Vaiſſeaux Anglois ont en pieds anglois. Il eſt vrai que la différence de notre livre à la livre angloiſe, étant conſidérée, on ne trouve plus qu'un pied de plus de largeur proportionnelle.

Les Vaiſſeaux de 50 canons, portant 18 & 12, m'ont paru utiles, quoiqu'on n'en ait pas vu d'excellens; on peut dire qu'on en a vu qui portoient bien la voile, tel que l'*Aigle*; mais je

dois développer les raisons qui rendent ces rangs intermediaires néceſſaires.

C'eſt une erreur de faire des rangs de Vaiſſeau très-éloignés ; par exemple, à Breſt, on ne conſtruit que des Vaiſſeaux de 40 p^{ds} 6 p^{ces}, ou des Frégates dont les plus grandes ont 34 p^{ds} 6 p^{ces} : cependant la nature forme des pieces de bois bonnes pour des Navires de 38 à 39 pieds ; qu'en fera-t-on, s'il n'y a nulle nuance entre les Navires de 40, 6 & les Frégates ?

Si on réduit les pieces de bois, il y a deux choſes très-fâcheuſes, pertes de bois & de temps, par conſéquent ces rangs intermédiaires ſont utiles, puiſqu'ils emploient des bois qu'il faudroit gaſpiller. Il y a peu de choſes dans les Livres Anglois de Conſtruction ; mais ils répetent ſouvent cette obſervation, qu'il faut ménager le bois : obſervation, qui bien entendue, fait la baſe des Principes-Pratiques de conſtruction.

D'ailleurs, ces Navires de 50 canons, peuvent être d'excellens Gardes-Côtes, & bons pour les campagnes où on aura peu de vivres, ils ſeront bons voiliers quand on voudra

L'épaiſſeur des allonges doit être 10 pouces ; j'approuverois aſſez la méthode Angloiſe pour les rempliſſages qui eſt de les eſpacer, parce que je penſe que cela contribue à la durée des Navires : enfin ce rang traité par d'habiles Conſtructeurs, deviendra utile ; ils méritent qu'on en faſſe aſſez de cas pour penſer que leur capacité ne ſe borne pas à faire de bons Vaiſſeaux, avec de grandes dimenſions & très-peu d'artillerie, & pour leur propoſer avec confiance les choſes utiles, quand elles n'exigent que de ne pas ſe négliger ſur les diverſes attentions ; d'ailleurs, ce rang a de fortes dimenſions par rapport à ce qu'il doit porter.

J'ai remarqué que les anciens Vaiſſeaux conſtruits il y a 40 ou 50 ans, étoient fondés en général ſur les raiſons de guerre & d'économie, on n'avoit pas tout-à-fait aſſez fait d'attention à la marche.

Les Vaiſſeaux à trois ponts ſont de deux ordres ; j'avoue que le premier percé 16 & 17, me paroît devoir être rejetté ; le ſecond percé 15 & 16, doit être d'uſage ; mais de tels Vaiſſeaux ne doivent pas être conſtruits pour ſept mois de vivres ; il

suffit qu'ils soient construits pour cinq mois au plus, quoiqu'ils puissent être faits à 48 pieds de large, je suppose qu'on leur donne 48 pieds 6 pouces de large, & 180 de long, & 900 hommes d'équipage.

On peut remarquer que ces Navires sont proportionnellement plus courts que trois fois $\frac{3}{4}$ leur largeur, c'est une nécessité de rendre leur proue plus obtuse, car leurs extrêmités sont nécessairement appésanties, & si on veut les faire aiguës, cette erreur de construction sera réparée par la nature qui en les arquant, les rendra plus obtuses : on n'y gagnera qu'une déformation du Navire : si on la prévient dans le Port par des coffres, qui soulagent les extrêmités, cette déformation se fera en mer d'une façon plus dangereuse : car enfin, rien ne peut s'opposer à cette loi de la nature qui exige une conformité entre le déplacement & le poids : on a vu deux exemples de ces Navires soutenus dans le Port, le *Royal-Louis* & *l'Espérance*; tous les deux ont fait beaucoup d'eau, & ont eu de la peine à revenir : ainsi cette pratique doit être absolument rejettée. On doit, par l'arrimage, soulager les extrêmités des Vaisseaux à trois ponts, cela est facile, quand ils ne sont pas forcés en équipage & avec cinq mois de vivres.

Pour ôter toute idée de systême, il est bon d'y rappeller ici les proportions des Navires Anglois tirées du Dictionnaire de Falconer.



PROPORTIONS DES NAVIRES ANGLOIS.

Rangs.	Canons.	Longueur.	Largeur.	Longueur.	Largeur réduite.
		en pieds Anglois.		*en pieds François.*	
1	100	186 p^ds 0 p^ces	51 p^ds 10 p^ces	174 p^ds 4 p^ces	47 0
2	90	177 6	50 0	166 4	45 2 à 45
3	74	168 3	47 4	157 9	43 2
	64	159 0	44 4	149 0	40 4
4	50	146 0	40 4	137 0	36 10 environ.
5	44	140 9	37 2	131 3	34 0
	36	128 4	35 9	120 4	32 10
6	28	118 4	33 8	111 0	31 0
	24	113 0	32 1	106 0	29 6
Corvettes, *ou* SLOPS.	16	98 0	27 2	92	25 0

Nota. Les mesures Angloises sont prises en dehors des bordages pour les réduire aux mesures Françoises, indépendamment de la réduction proportionnelle à la différence des mesures Angloises & Françoises, on a ôté les épaisseurs des *préceintes* ou bordages de flottaison des deux bords.

Le *Royal-George* étoit construit à 51 pieds Anglois de large, dont ôtant 1 pied 8 pouces de bordage ou préceinte, reste 49 pieds 4 pouces, & cette largeur réduite à 46 pieds, 3 François, les anciens Vaisseaux à 3 ponts de 100 canons Anglois avoient la largeur de ceux du second rang actuel.

Nota. Les Vaisseaux Anglois du premier rang sont percés 15 & 16, & portent des canons de 42, 24 & 12 livres de balle, c'est-à-dire, de 39, 22 & 11 de nos Livres. Leurs bordages de flottaison sont très-forts.

Je ne suis pas pour les Vaisseaux de 116 canons, il leur faudroit 50 pieds 6 pouces de large au moins, & leur grande

longueur feroit quils ne feroient pas plus forts que des Navires qui auroient 8 canons de moins; d'ailleurs, de tels Navires ont plus d'épaiffeur d'allonges, & les bois de fort échantillon, font toujours d'une plus foible durée. Voici donc les rangs des Vaiffeaux de guerre que je propofe, & qui pourroient même être tous diminués de 6 pouces de largeur & 2 pieds de long.

RANGS DES VAISSEAUX DE GUERRE.

		Calibre.			largeur, p^{ds}	p^{ces}	longueur.
Vaiffeaux à trois Ponts de	108 canons	36	24, 12	& 6	48	6	& 180
Vaiffeaux à 2 batteries de	80	36	24	& 12	46	3	& 175
	74	36	18	& 8	43	6	& 165
	64	24	18	& 8	41	0	& 155
	58	24	12	& 6	39	0	& 146
	54	18	12	& 6	37	0	& 139

J'ai obfervé qu'un Navire qui n'a qu'un canon de plus par batterie, n'eft pas fenfiblement plus fort qu'un Navire qui a un canon de moins, & a du refte le même calibre, & fur-tout s'il faut à manœuvrer; & delà il fe préfente une queftion intéreffante; les Vaiffeaux à deux batteries ne devroient-ils pas avoir pour limites ceux de 74 canons portant 36 pieds, 24 & 12? quelles devroient être leurs proportions? de pareils Navires doivent avoir 710 hommes d'équipage, & il faut obferver que leurs canons de 24 & 12 & 36, foient de la nouvelle fabrique; & il en réfulte que leur largeur doit être de 45 pieds & leur longueur 170; c'eft la penfée de M. le Comte de Roquefeuil.

On doit faire réflexion que c'eft la proportion des anciens Navires Anglois de 100 canons à 3 ponts, & il femble qu'il n'en faut pas davantage pour prouver la facilité de faire ces Navires

Navires : ce rang mérite d'être examiné sans prévention. Je pense que le *Magnanime* porte cette artillerie ; car il sort de rangs Anglois de 74 canons, & à 700 hommes d'équipage.

Les proportions déterminées ci-dessus sont bonnes ; mais si l'on se déterminoit à diminuer les bordages des Ponts, selon la méthode Angloise, & notre ancienne construction, on devroit donner 6 pouces de moins de largeur, & 2 pieds de moins de longueur aux différens Navires.

Nous joindrons ici quelques observations : les Vaisseaux de 108 canons étant destinés à être *Vaisseaux Pavillons* auront 900 hommes d'équipage. Il n'y a nulle difficulté à les construire, puisqu'ils ont 1 pied & $\frac{1}{2}$ de plus de largeur, & 6 pieds de plus de longueur que les Vaisseaux du premier rang Anglois actuels.

Ceux de 80 qui portent 36, 24 & 12, ne peuvent avoir de difficulté ; c'est le *Royal George*, Vaisseau à trois ponts dont les Anglois font grand cas, & allongé de 8 pieds ; les Vaisseaux de 74 canons tiennent un milieu entre les diverses largeurs des Navires François actuels.

Pour sentir la nécessité de donner aux Vaisseaux de 66 canons, 24, 18 & 8 : il suffit de voir la foiblesse du rang actuel, dans tous les temps, où il ne peut se servir de sa premiere batterie, & supposer qu'il rencontre une Frégate Angloise de 44 canons, de 18 & 9 liv. de balle. Les Navires Anglois, d'une moindre largeur ; portent 32, 18 & 9 ; il est donc incontestable que les nôtres peuvent porter 24, 18 & 8. *Nota*: la livre, poids de marc est à celle des Anglois dont il s'agit ; que l'on nomme *avoir du poids* : : 14 : 13.

Ce sont les mêmes principes qui ont déterminé à rétablir les Vaisseaux percés 12 & 13 pour porter du 24, l'usage que font les Anglois de Navires proportionnellement plus petits, ne laisse encore aucune idée de systême : au contraire, on pourra augmenter encore la force de nos Navires, ou diminuer leurs proportions ; il nous suffit de montrer qu'il en résultera une grande économie, & de l'indiquer.

Le rapport qui se trouve entre les différens poids des Navires fait que la diminution sur un genre de poids, entraîne une

diminution sur presque tous les autres. Le poids de la coque doit être moindre, ainsi que celui des agrêts & du lest correspondant, & ils forment environ les $\frac{1}{3}$ du poids total.

Je suppose maintenant que sur le restant du chargement, on fasse un retranchement de 40 tonneaux de poids ; il n'importe que ce soit sur l'artillerie, ou sur les équipages & leurs vivres, ou même par quelque diminution particuliere du poids de la coque ; cette diminution étant connue, celle de l'autre partie lui sera proportionnelle, ou pourra être de 80 tonneaux, ainsi le Navire pourroit avoir 120 tonneaux de moins de déplacement total, & comme il ne faut pas porter le retranchement jusqu'au point où il peut aller, dans la crainte de quelque erreur, on pourra donner 100 tonneaux de moins de déplacement.

Il y a une observation à faire : lorsque l'artillerie n'éprouve pas de changement, il est bon de ne pas affoiblir les allonges, au moins pour les premiers rangs qui portent cette artillerie, & le total des retranchemens de poids ne doit être que le double de celui qui a été donné.

Ce n'est donc pas sans raison que l'on pense que la diminution du poids des bordages des Vaisseaux de 74 canons évalué à 20 tonneaux, celle de l'artillerie qui est de 23, celle du lest, qu'on peut supposer de 27, qui forment un total de 70 tonneaux, permettent de faire avec facilité ces Navires à 43 pieds de large, & 164 de long, puisque l'on pourroit leur donner 200 tonneaux de moins de déplacement qu'aux anciens Vaisseaux, & si on les faisoit sur le même plan, on pourroit diminuer de $\frac{1}{38}$ ces dimensions.

Il en est de même des Vaisseaux de 58 canons que l'on propose, ils peuvent se faire avec facilité avec les dimensions qu'on a fixées.

Les hauteurs des batteries, lorsque la stabilité est la même, doivent être fixées à peu-près proportionnellement aux largeurs; mais il est des attentions indispensables. Tout se réduit à faire ensorte que le Navire conserve dans un combat, le plus long-temps qu'il est possible, l'usage de sa premiere batterie,

Le Vaisseau où elle est le plus élevée, peut porter assez

mal la voile pour s'en servir moins long-temps que celui qui en a une moindre, mais qui a plus de stabilité. Si même les deux batteries peuvent être à l'eau par la même force, ou à peu-près, ce sera le Navire qui est alors incliné du moindre angle qui sera préférable tant à cause de la Navigation, que parce que l'usage des batteries sera plus facile quand elles seront peu inclinées.

Il est utile de soumettre ces effets au calcul : un exemple le rendra facile à comprendre ; on propose d'élever d'un pied le creux d'un Navire de 74 canons qui a 4 pieds de batterie, il en aura donc 5, les poids qui participeront à cette élévation sont ceux des ponts & gaillards, artillerie, équipage, ancres, & quelques parties d'agrês qui seront élevés d'un pied, cela fait environ un $\frac{1}{3}$ du déplacement total dont le centre sera par conséquent élevé de 4 pouces ; le poids d'augmentation de la coque étant supposé en diminution du lest, éleve encore le centre de gravité du 8e d'un pied, ainsi il est élevé en total de $\frac{3}{8}$ d'un pied. Par ce que l'on sait de la stabilité, l'inclinaison augmente dans la même raison que la distance du centre de la charge au métacentre diminue : l'inclinaison augmentera donc de $\frac{1}{4}$, & suivra le rapport de 4 à 5, si les distances du métacentre au centre de gravité, dans les deux positions, sont comme 5 à 4, ou si $\frac{3}{8}$ de pieds, sont la 5e partie de la distance du métacentre au 1er centre de gravité, qui, par conséquent auroit alors été de 1 pied $\frac{7}{8}$.

Si leur distance étoit plus considérable, il y a quelqu'avantage à élever la batterie; mais si elle étoit moins forte, si elle n'étoit que de 1 pied ou 1 pied $\frac{1}{2}$, on perdroit l'usage de la batterie en l'élevant.



Des Frégates.

C'eſt principalement pour les Frégates que la longueur a varié, elle a été $3 \frac{4}{5}$, & juſqu'à $4 \frac{1}{4}$ la largeur ; on conviendra que les Frégates ſont faites pour marcher ; mais ce grand rapport de la longueur à la largeur, a-t-il donc aſſuré la marche : un exemple particulier, n'eſt pas ſuffiſant, parce que cet exemple dépend quelquefois d'une circonſtance ſinguliere, & de ce qu'on n'avoit que de mauvaiſes Frégates pour terme de comparaiſon ; ſi un ſeul exemple ſuffiſoit, on citeroit l'*Opale*, la *Belle Poule*, la *Syrene* ſur-tout dont la marche s'eſt ſoutenue vis-à-vis un grand nombre de Bâtimens différens, & qui n'a été priſe que quand on a oublié qu'une Frégate n'étoit pas un Navire Marchand. *Nota*. Leur longueur eſt $3 \frac{4}{5}$ la largeur.

On a eu pluſieurs Frégates forr longues; la *Nimphe* qui a été la plus longue, le *Maréchal de Belle-Iſle*, joint par des Frégates Angloiſes de peu de réputation ; la *Silphide* qui, dans l'Inde a eu une grande réputation ; la *Therpſicore*, bonne voiliere, mais ſans avantage ſur la *Chimere*, la *Danaë* qui a été priſe, l'*Aigrette*, la *Veſtale*, la *Bouſonne* que des Navires proportionnellement plus courts, ont quelquefois jointes.

Ces grandes longueurs ne donnent donc pas une marche inconteſtablement ſupérieure, & du côté de la guerre, elles donnent un déſavantage certain : ma théorie en indique la cauſe, elle eſt dans la grande élévation du point vélique, ſi on ſuppoſe même plan, même différence de tirant d'eau, il eſt vrai qu'on le corrige en partie par l'arrimage, &c.

L'allégiſſement leur eſt peu favorable d'ailleurs ; ainſi l'avantage que donne la longueur ſe perd en très-grande partie ; il ſemble cependant que quoique la marche ſoit avantageuſe, quand on voit des Frégates auſſi longues, & même plus, que les anciens Vaiſſeaux de 64 canons, que le *Magnanime*, ancien Vaiſſeau à trois ponts porter 26 canons : il eſt difficile de ne pas penſer que ce ſont des découvertes fort cheres ; on a été juſqu'à faire ces Frégates, ſans canons de gaillards, on a enſuite diminué le nombre des canons en batterie, eſt-il donc démon-

tré que ce retranchement est avantageux à un point qui fasse que l'on doive y compromettre l'honneur des armes du Roi ; car quand ces Frégates, qui sont très-longues, sont prises par des Bâtimens de plus foibles dimensions, il s'en fait une comparaison publique qui est d'un mauvais effet pour nos équipages, qui encourage les Navires Anglois, & leur fait prendre une idée de supériorité ; enfin, si elles joignent une Frégate Angloise, elles auront un désavantage.

On a retranché les canons des gaillards dans un très-grand nombre de ces Navires. Si on eût voulu jetter un coup d'œil sur les anciennes Frégates de 46 canons, je doute qu'on s'y fût jamais déterminé. Craignons d'abandonner des avantages réels pour d'imaginaires & non démontrés ; car enfin, qu'est-ce que cela fait à la marche ?

L'honneur des armes du Roi, l'honneur des Officiers, qui en est inséparable, est intéressé à rétablir ces canons ; mais avant d'entrer dans une discussion à ce sujet, il est à propos de prévenir toute objection.

Quel usage se propose-t-on de faire des Frégates ; servent-elles en escadre ; & suppose-t-on qu'elles n'ont à remplir que la fonction de découvertes ; si on craint que les canons de gaillards n'empêchent de remplir cet objet, si on a même éprouvé qu'ils sont nuisibles à la marche, on les mettra dans la calle, & tout sera réparé ; mais il leur arrivera quelquefois de joindre un Navire qu'il sera important de degréer ; on remontera ces canons, c'est l'affaire d'un quart d'heure ; elles sont détachées pour convoyer, leurs canons de gaillards sont indispensables ; enfin, comme elles sont à même de mettre leurs canons dans la calle, quand ils nuiront à la marche, le pis aller sera d'avoir la peine de faire cette manœuvre : il n'y a donc nulle raison plausible pour faire des Frégates sans canons de gaillards : le pis aller, c'est de les porter & rapporter sans s'en être servi.

Quoique je pense que ce raisonnement est sans réplique, supposons un instant qu'on ne soit pas maître de prendre ce parti, & voyons si les canons de gaillards préjudicient à la marche.

Les Frégates sont faites pour naviguer droites, or, les poids supérieurs font que le Navire plie davantage, donc cela nuit

beaucoup à la marche, & il faut par conféquent en diminuer l'artillerie; c'eft le feul argument plaufible qui ait été fait contre les canons de gaillards. La réponfe faite ci-deffus, y eft applicable; on peut mettre les canons dans la calle: mais, enfin, toutes ces raifons font-elles bien véritables?

On conviendra que les Navires font faits pour avoir de la ftabilité, & que les poids fupérieurs la diminuent; mais quelle raifon peut-on apporter pour montrer que la marche vent arriere, & fur les routes qui en approchent doit en être affectée? Une Fregate de 34 pieds de large portant 8 canons de 8 fur les gaillards, pourra, dans quelques cas, plier de deux pouces de plus, que fi elle n'en a pas : ce fera dans des cas fort rares. J'ai fait les calculs pour de plus grandes quantités, fans trouver de différence de marche fenfible; pourquoi donc fe perfuader qu'il doit en réfulter de fi grands défavantages?

Mais enfin, eft-il bien décidé qu'au plus près, le Navire qui plie un peu plus, marche le plus mal; que le Navire qui porte fupérieurement la voile, eft le meilleur voilier: il y avoit jadis dans la Marine, une opinion contraire; & une opinion dans ces fortes de chofes, eft le réfultat de ce qu'on a vu arriver le plus fréquemment, & que l'on fe perfuade devoir arriver encore.

Ainfi, *l'Amazone* qui marchoit bien au plus près, plioit beaucoup; le *Zéphire* dont le fort de la marche étoit au plus près, ne laiffoit pas de plier; le *Duc de Bourgogne* qui la porte fupérieurement, va mal au plus près; je fais que cela peut dépendre de ce qu'en général, un Navire qui porte bien la voile, a fes flottaifons fort groffes; mais l'on fait un peu pencher les bateaux pour qu'ils gagnent dans le vent, lorfqu'ils ne font pas déja fort inclinés: la *Malicieufe* inclinée marchoit mieux que l'*Opale*; elle portoit moins bien la voile: au refte, ce ne font que des exemples particuliers qui laiffent encore la queftion indécife, quoique ma théorie qui exige le concours des actions de l'eau & du vent pour la pofition parfaite, femble être à l'appui de cette opinion. Mais n'entrons pas davantage dans une difficulté qui n'eft pas abfolument conftatée par les faits, qui eut demandé des calculs rigoureux, & qu'il nous fuffife de voir qu'on ne peut fuppofer qu'il doive en réfulter une grande perte de marche.

De l'Équipement des Frégates.

118. Comme les Frégates font moins chargées d'artillerie que les Vaiffeaux de guerre, eu égard à leurs dimenfions, la partie de leur équipage qui n'eft pas employée au canon, doit être proportionnellement plus confidérable. Dans la fixation des équipages, on n'a pas eu égard aux croifieres : lorfqu'elles y feront deftinées, on pourra leur donner une vingtaine d'hommes de plus.

Comme les canons actuels font d'un poids moindre que les anciens, & qu'il eft utile d'avoir fur les gaillards des canons qui ne foient pas trop courts pour les dégager des rides d'hauban, on peut fixer ainfi les Frégates, elles font toutes faites à une feule batterie & gaillards.

RANGS DES FRÉGATES

38 Total.	Canons. Batterie.	Gaillards.	Nombre d'hommes.	Largeur. p^ds	p^ces	Longueur. p^ds
38	28 de 12	10 de 8	260	34	6	134
34	26 de 12	8 de 6	220	32	6	126
30	24 de 8	6 de 6	180	30	6	118
26	22 de 8	4 de 4	150	28	6	110
22	20 de 6	2 de 4	120	26	0	100

On peut abandonner aux effais toutes les Corvettes inférieures à celles ci, & même la derniere, & en général, tous les Navires qui portent une artillerie moindre que les canons de 8.

Les Frégates n'étant jamais dans le cas de combattre en ligne, on peut leur donner de longueur 4 fois la largeur,

c'eſt-à-dire, 4 pieds de plus, ou, ſi l'on veut, 2 pieds de moins que les proportions établies ci-deſſus.

Lorſque l'on voudra faire porter le 8 nouveau, avec 28 pieds 6 pouces de large, il faudra former les allonges, de même que celles de l'unicorne.

Je n'ai qu'une obſervation particuliere ſur la Frégate ſuppoſée porter du 8, c'eſt qu'elle a $\frac{1}{15}$ moins de ſtabilité que la *Sirene*, ſi elle eſt faite ſur le même plan, ce qui eſt peu de choſe; mais quoiqu'il ne ſoit pas difficile de lui donner la même ſtabilité à peu-près, par un très-leger changement, il ſemble qu'on peut rejetter ce rang, qui d'ailleurs n'eſt pas d'une grande conſéquence.

Je ſuppoſe toujours, que ſuivant la regle générale Angloiſe, on donnera aux bordages des ponts, 4 pouces pour le 36, 3 $\frac{1}{2}$ pour le 24, 3 pour le 18, 2 $\frac{1}{2}$ pour le 12, 2 pour le 8, 1 $\frac{3}{4}$ pour le 6 & le 4.

On doit encore obſerver que la diminution du poids de l'artillerie & de la charge, fait qu'il n'y a aucun doute ſur la force ſuffiſante des allonges.

On croit être entré ici dans un détail ſuffiſant ſur ce qui a rapport aux rangs des Vaiſſeaux.

Une queſtion ſouvent agitée, d'une foible importance à la vérité, ne doit pas être négligée. On a regardé ces teugues ſur les Frégates, avec une chambre pour le Capitaine, & le ſecond, comme très-préjudiciables à la marche, d'autres Officiers ont eu une idée différente; je citerai M. de Graſſy qui étoit une des perſonnes où le génie de la conſtruction étoit le plus reconnoiſſable, & un très-grand nombre de perſonnes inſtruites.

Mais comme un très-grand nombre de Conſtructeurs & habiles Officiers y eſt oppoſé, il faut examiner quels ſont les déſavantages qui peuvent en réſulter. La marche vent arriere, ne peut en être affectée; au plus près la bricole réſultante eſt abſolument inſenſible; il n'y a même qu'une ſurface d'environ de 30 pieds, expoſée au vent, & encore avec une obliquité conſidérable: d'ailleurs; la bricolle eſt très foible, car une telle chambre ne peſe pas plus de 2 tonneaux avec le baſtingage, & s'ils

s'il y a un endroit où la mousquéterie puisse être placée avec quelqu'avantage, c'est sur cette dunette. La batterie est plus parée, sur-tout pour les affaires de nuit; le Commandant est plus présent à la manœuvre, que s'il est sous le gaillard, puisqu'il entend tout ce qui se fait au gouvernail, chose importante. En flotte & en convoi, où en chasse devant une escadre, il ne la perd pas de vue, pour ainsi dire; d'un autre côté, je n'y trouve aucun inconvénient sensible.

On regarde maintenant comme une perfection de construire des Frégates pour naviguer avec peu de différence de tirant d'eau. Que l'on construise ainsi les Navires Marchands qui doivent entrer dans des Ports où il y a peu d'eau, les Navires du premier rang, si l'on veut, pour augmenter pareillement la facilité d'entrer dans les Ports, il y a de bonnes raisons; mais pour les Frégates, on ne trouve aucun motif qui puisse balancer la perte d'une partie de l'étendue qu'on peut donner commodément au Gouvernail; car la surface qu'on veut opposer à la résistance latérale, étant donnée, le Gouvernail du Navire qui aura un pied de plus de différence de tirant d'eau, enfoncera dans l'eau d'un demi-pied de plus; c'est en outre la partie inférieure du Gouvernail qui est la plus large, & qui reçoit toutes les impulsions du fluide avec le plus de facilité dans toutes les positions.

Il seroit possible que le système de guerre vînt à changer, & qu'il fallût se rapprocher davantage des anciens Navires; sacrifier presque tout à la force réelle qui consiste à avoir une forte artillerie, une stabilité suffisante & bien gouvernée; mais il est inutile de nous occuper maintenant de ces positions générales, qui peut-être n'auront jamais lieu.

Je terminerai ces réflexions sur les Frégates, par une comparaison d'une d'entr'elles avec le Vaisseau Amiral des Provinces-Unies, nommé les *Sept Provinces*, commandé par le fameux Amiral Ruyter, & construit en 1665.

La *Silphide*, 26 canons,			Les *Sept Provinces* 80 canons.		
Longueur	145 p^ds	4 p^ces environ.	Longueur	142 p^ds	6 p^ces
Largeur	34	6	Largeur	37	6

Comme nos principes de Construction sont généraux, il est facile de les adapter aux Navires Marchands; leur forme doit être variée selon la qualité de leur chargement : des Galions doivent avoir, par exemple, une forme différente des Navires qui portent des mâtures & autres choses légeres : il est presque impossible de donner une marche avantageuse à ces derniers Navires, les premiers peuvent être absolument faits pour la marche. Quoique les Bâtimens Marchands en général ne puissent être d'excellens voiliers, il est certain qu'on peut dire que ce genre de Construction est trop négligé, qu'en général la longueur devroit être augmentée : ce sera l'objet d'un Ouvrage particulier.



CALCULS DE LA FRÉGATE L'*UNICORNE*.

On n'a divisé cette Frégate qu'en quatre lignes d'eau principales, la 5e est une ligne d'eau subsidiaire, pour remédier à la convexité des Fonds.

DÉPLACEMENT.

Lignes d'eau.		IVe	IIIe	IIe	Ier	½ subsidiaire.
moitié du 5	AV.	23 5	8 0	3 5	1 5	
4		73 0	60 0	40 0	15 0	moitié 3 0
3		82 2	75 0	60 0	33 0	12 0
2		87 3	82 0	72 5	50 5	24 0
1		89 5	85 0	75 0	57 0	36 0
M		90 0	85 5	76 5	60 0	44 0
1	AR	89 0	84 0	74 0	57 0	36 5
2		87 0	81 0	68 0	46 5	26 5
3		84 0	75 0	57 0	30 0	16 0
4		79 0	64 5	37 0	18 0	9 0
5		68 5	43 0	18 0	8 0	4 5
Moitié du 6		22 0	7 0	3 0	1 5	1 5
Somme		875	750	587	377	213

Moitié de la 4e ligne d'eau	437
3e entiere	750
2e entiere	587
Moitié de la 1re	189
TOTAL	1963 A

Nota. La Quille a trois parties de largeur à chaque couple, & il y en a 12, cela fait 36.

Moitié de la 4e ligne d'eau	189
3e entiere	213
Moitié des largeurs de la quille	18
TOTAL	420
Moitié	210 B

Nota. On prend la moitié de la somme 420, parce que les distances de cette partie sont la moitié des autres.

On ajoute les sommes A & B, 2173 × par la distance des couples 49

PRODUIT 106477 C

TRIANGLE DES EXTRÊMITÉS.

Demi largeur des couples.	25 0	× diſtance à l'Etrave.	46 = 1150	moitié	575
	17 0		39	entier	663
	8 5		27	entier	228
	3 0		4	entier	12
On y ajoute celle de l'Etrave & Etambot, leſquels ont 1 partie ½.	23 5	× diſtance à Etambot.	46 = 916 5	moitié	540
	8 5		41	entier	353
	4 5		37	entier	166
	3 0		32	entier	96
	3 0		28 = 84	moitié	42

On a ajouté les produits C = 106 477   D 2675
& D = 2 675

Somme 109 152 × l'intervalle des 18 ½ lignes d'eau.

Solidité de la carene 2001 120

Pour réduire cette ſolidité exprimée en parties égales à une ſolidité exprimée en pieds cubes, on fera cette analogie, le cube de 90 demi largeur en parties égales : cube de 15 pieds ½ *demi largeur* en pieds : : 2001 120 : nombre de pieds cubes : ainſi du logarithme 60312 710 de 2001 120, on ôtera le triple de la différence 7781 512 des logarithmes de 90 & 15 ½.

60312 710
23344 536
39668 174

Ce logarithme eſt celui de 9265 pieds cubes ; la capacité entiere eſt le double, parce qu'on ne meſure que des demi-largeurs, le déplacement en tonneaux eſt 9265 diviſé par 14 ou 661 tonneaux & trois quarts.

Nota. Je ne calcule pas la hauteur de la quille, ni l'étrave & l'étambot, parce que leur poids eſt égal au déplacement, & qu'ainſi ce calcul devient inutile.

HAUTEUR DU CENTRE DE GRAVITÉ.

Le point d'appui est à la quille. Je cherche les surfaces des lignes d'eau, en multipliant la somme des largeurs prise au déplacement par 49, distance des couples, & ajoutant les triangles des extrêmités.

Lignes d'eau,	Surfaces,	Bras de levier,	Momens.
Quille, moitié	733	$0\frac{1}{3}$	244
Ligne subsidiaire.	10 524	1	10 524
1re ligne moitié.	9 350	$1\frac{2}{3}$	15 583
TOTAL	20 607		26 351

Les distances de ces lignes d'eau étant la moitié des autres, on ne doit prendre que la moitié de ces surfaces, & le quart des momens, parce que, ce que l'on nomme ici 1, n'est effectivement qu'une demi-ligne d'eau : ainsi on a

	10 303		6 588

Partie supérieure de la Carene.

1re moitié.	9 350	$1\frac{1}{3}$	12 467
2e	29 126	2	58 252
3e	37 710	3	113 130
4e moitié.	22 446	$3\frac{2}{3}$	82 335
TOTAL	108 935		272 772

divisant les momens par les surfaces, on a $2 + \frac{54902}{108935}$, ou comme les distances des lignes d'eau sont $18\frac{1}{3}$, on multiplie 54902 par $18\frac{1}{3}$, & divisant par 108935, on a environ 9 parties $\frac{1}{4}$: le centre de gravité est donc à 46 parties au dessus de la quille ; on les réduit en pieds & pouces par la regle de trois, 90 parties : 186 pouces demi-largeur : : 46 parties : 94 ou 7 pieds 10 pouces.

POSITION DU CENTRE DE GRAVITÉ

DANS LE SENS DE LA LONGUEUR.

*Le point d'appui est au milieu, & je néglige l'*élancement *& la* quette, *parce que cela facilite le calcul, & qu'il n'y a pas d'erreur sensible.*

COUPLES AV.

Lignes d'eau,	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
4 moitié	44 5	43 5	14 5	36 5	25	
3	85 0	82 0	75 0	60 0	16	
2	75 0	72 5	60 0	40 0	3	
1	57 0	50 0	32 0	15 0	3	
SOMMES	261 × 1	248 × 2	208 × 3	151 × 4	45 × 5	
Momens	261	496	625	605	225	

COUPLES AR.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
4 moitié	44 5	43 5	41 5	39 5	34 0	22 0
3	85 0	81 0	75 0	64 5	43 0	14 7
2	75 0	68 0	57 0	39 0	18 0	5 0
1	57 5	46 0	15 0	9 0	4 0	3 5
Sommes	262 × 1	238 × 2	188 × 3	152 × 4	99 × 5	45 × 6
Momens	262	477	565	608	495	270

Somme des momens de l'arriere, 2742

de l'avant, 2212

la différence des momens ci-contre eſt 530

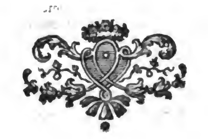
Pour corriger ce que la differencede tirant d'eau donne de momens de plus de l'arriere, il eſt ſuffiſamment exact de multiplier les largeurs de la ligne d'eau ſubſidiaire, par $\frac{1}{3}$ de la différence de tirant d'eau ; on les trouve à l'article du déplacement ; & comme la différence de tirant d'eau eſt égale à une diſtance de ligne d'eau, multipliant 210 par $\frac{1}{3}$ on a 70

Somme 600

qu'on multiplie par la diſtance des couples 49

Il faut multiplier par 8 pieds 6 pouces ce produit qui eſt le moment des ſurfaces, 29 400

on a 249 900 qu'on doit diviſer par 312 375, ſomme des ſurfaces, le quotient $\frac{250}{312}$ d'un pied étant réduit, donne 10 pouces en arriere du M[e]; ou 2 pieds 7 pouces en avant du milieu pour la poſition du centre de gravité.



STABILITÉ LATÉRALE.

Couples	Largeur.		Cubes.
5 AV.	8 4	les trois quarts font	432
4	12 6	les cubes font pris en entier.	1953
3	14 8		4153
2	15 4		3375
1	11 4		3605
M	15 5		3665
1 AR.	15 4		3605
2	15 0		3375
3	14 3		2894
4	13 4		2360
5	11 8		1588
6	7 6	les trois quarts font	317
		SOMME	30323

On la multiplie par la diftance des couples 8 p^ds 6 p^ces

produit	257 745		
& la ftabilité homogene en eft les $\frac{2}{3}$ ou	171 830		
divifant la ftabilité homogene par le déplacement	18 530		
on a l'élévation du métacentre au deffus du centre de figure qui eft de		9	4
Sa hauteur au deffus de la flottaifon eft		4	8

STABILITÉ

STABILITÉ

DANS LE SENS DE LA LONGUEUR.

On suit les Regles exposées, N° 28.

Couples		Largeurs pds	pces			Momens.	
M		15	5	×	$\frac{1}{11}$		10
1 AV. & AR.		30	8	×	1	30	8
2 AV. & AR.		30	0	×	4	120	0
3 AV. & AR.		28	11	×	9	260	3
4 AV. & AR.		25	10	×	16	413	4
5 AV. & AR.		20	0	×	25	500	0
6 AR.		7	6	×	36	270	0
Triangle AV.	$\frac{1}{4}$ de	8	7	×	33	68	0
Triangle AR.	$\frac{1}{4}$ de	7	9	×	45 $\frac{1}{2}$	92	0
					Sommes	1755	
qu'il faut multiplier par la distance						8	6
On doit doubler le produit						14917	

parce qu'on ne calcule qu'une moitié du Vaisseau, & si on suppose que la différence 1 qu'il y a d'un couple à l'autre, exprime des lignes, il faudra diviser 29834 double de 14 917 par 144, nombre de lignes contenues dans un pied, on trouvera 207 pieds cubes; c'est le poids qui, transposé d'une distance ou de 8 pieds 6 pouces, change la différence de 13 lignes, c'est la même chose que 62 tonneaux $\frac{1}{3}$ à un pied, & pour un pouce, ce seroit 58 tonneaux, ou 2 tonneaux à 29 pieds.

TABLE DES CUBES

Pour les Calculs de la Stabilité.

pds	pces	cubes	différence.	pds	pces	cubes	diff.	pds	pces	cubes	diff.
26		17 576	336	20	10	9 042	215	15	10	3 969	124
25	10	17 240	331	20	8	8 827	212	15	8	3 845	121
25	8	16 909	327	20	6	8 615	209	15	6	3 724	119
25	6	16 582	323	20	4	8 406	206	15	4	3 605	116
25	4	16 259	319	20	2	8 202	202	15	2	3 489	114
25	2	15 940	315	20	0	8 000	198	15	0	3 374	111
25	0	15 625	311								
24	10	15 314	306	19	10	7 802	195	14	10	3 264	109
24	8	15 008	302	19	8	7 607	192	14	8	3 155	106
24	6	14 706	298	19	6	7 415	189	14	6	3 049	104
24	4	14 408	294	19	4	7 226	185	14	4	2 945	102
24	2	14 114	290	19	2	7 041	182	14	2	2 843	99
24	0	13 824	286	19	0	6 859	179	14	0	2 744	97
23	10	13 538	282	18	10	6 680	176	13	10	2 647	94
23	8	13 256	278	18	8	6 504	173	13	8	2 553	92
23	6	12 978	274	18	6	6 331	170	13	6	2 461	90
23	4	12 704	270	18	4	6 161	166	13	4	2 371	88
23	2	12 434	267	18	2	5 995	163	13	2	2 283	86
23	0	12 167	263	18	0	5 832	160	13	0	2 197	84
22	10	11 904	259	17	10	5 672	157	12	10	2 113	81
22	8	11 649	255	17	8	5 515	155	12	8	2 032	75
22	6	11 390	251	17	6	5 360	152	12	6	1 953	77
22	4	11 139	247	17	4	5 208	149	12	4	1 876	75
22	2	10 892	244	17	2	5 059	146	12	2	1 801	73
22	0	10 648	240	17	0	4 913	143	12	0	1 728	71
21	10	10 408	237	16	10	4 770	140	11	10	1 657	69
21	8	10 171	233	16	8	4 630	137	11	8	1 588	67
21	6	9 938	229	16	6	4 493	135	11	6	1 521	65
21	4	9 709	226	16	4	4 358	132	11	4	1 456	63
21	2	9 483	222	16	2	4 226	130	11	2	1 393	61
21	0	9 261	219	16	0	4 096	127	11	0	1 331	60

SUITE DE LA TABLE DES CUBES.

p^ds	p^ces	cubes	différence	p^ds	p^ces	cubes	diff.	p^ds	p^ces	cubes	diff.
10	10	1 281	58	7	10	481	30	4	10	113	12
10	8	1 213	56	7	8	451	29	4	8	101 5	11
10	6	1 557	54	7	6	422	28	4	6	91	10
10	4	1 103	52	7	4	394	26	4	4	81 5	9
10	2	1 051	51	7	2	368	25	4	2	72 5	9
10	0	1 000	49	7	0	343	24	4	0	64	8
9	10	951	48	6	10	319	23	3	10	56	7
9	8	903	46	6	8	296	22	3	8	49	6
9	6	857	44	6	6	274	20	3	6	43	6
9	4	813	43	6	4	254	19	3	4	37	5
9	2	770	41	6	2	235	18	3	2	32	5
9	0	729	40	6	0	216	17	3	0	27	
8	10	689	38	5	10	199	16				
8	8	651	37	5	8	183	16				
8	6	614	35	5	6	167	15				
8	4	579	34	5	4	152	14				
8	2	545	33	5	2	132	13				
8	0	512	31	5	0	125	12				

CALCULS DES RÉSISTANCES.

AVANT.

I signifie *Impulsions*, D *Directes*, V *Verticales*, A *Absolues*, R *Relatives*.

Suite des Triangles.	au V.	IDA.	IDR.	IVA.	IVR.
7	20 à 61	455	150	1564	513
6	1 à 4	295	74	420	105
5	1 à 5	295	59	1400	280
4	1 à 6	125	21	300	50
3	1 à 10	125	12 $\frac{1}{2}$	156	15
2	5 à 40	40	1	43	1
1		25	$\frac{1}{2}$		
			318		964

au	IV.	IDA.	IDR.	IVA.	IVR.
10 à	66	260	} 83 $\frac{1}{2}$	1300	} 454 $\frac{1}{2}$
10 à	66	290		1700	
10 à	84	290	} 65	2050	} 447
10 à	84	255		1750	
2 à	25	255	10 $\frac{1}{2}$	2500	200
1 à	24	120	5	1500	46
1 à	26	120	2 $\frac{1}{2}$	1400	54
			166		1201

Suite.	au III.	IDA.	IDR.	IVA.	IVR.
7	2 à 41	110	} 21	800	} 175 $\frac{1}{2}$
6	2 à 41	150		1300	
5	2 à 41	150		1550	
4	1 à 18	200	} 23	2050	} 209
3	1 à 18	200		2750	
2	1 à 26	190	7	2500	96
1	1 à 41	190	6	3150	77
			57		557

au	II.	IDA.	IDR.	IVA.	IVR.
1 à	150	50	0 $\frac{1}{2}$	680	4
1 à	85	70	} 1 $\frac{1}{2}$	800	} 20 $\frac{1}{2}$
1 à	85	70		1150	
1 à	41	130	} 6 $\frac{1}{2}$	1550	} 94
1 à	41	130		2300	
1 à	41	170		2750	68
1 à	85	190	0 $\frac{1}{2}$	4850	97
			9		253

Suite.	au I.	IDA.	IDR.	IVA.	IVR.
7					
6					
5					
4	1 à 260	les résistances		1550	} 446
3	1 à 260	relatives sont		1400	
2	1 à 260	insensibles.		2750	
1	1 à 260			5900	

Sommes des IRD. 550

le Taillemer a une partie & demie de large, & 70 de hauteur, & il diminue la résistance de moitié, ainsi elle est de 52

résistance A V 602

ARRIERE.

Suite	au VI.	IDA.	IDR.	IVA.	IVR.
7	10 à 51	411	81	2190	547
6	1 à 20	120	6	84	4
5	1 à 36	120	3	686	19
4					
3					
2					
1					
			90		570

au V.	IDA.	IDR.	IVA.	IVR.
1 à 11	245	22	2550	232
1 à 9	290	64	3000	728
1 à 9	290		2550	
1 à 16	125	8	750	47
1 à 21	125	6	1050	50
1 à 50	40	1	200	4
1 à			600	0
		101		1061

Suite	au IV.	IDA.	IDR.	IVA.	IVR.
7	1 à 25	110	4	1400	56
6	1 à 16	220	14	2550	160
5	2 à 21	220	21	1650	252
4	1 à 17	210	25	2550	176
3	1 à 17	210		2150	
2	1 à 26	110	4	1050	40
1	1 à 37	110	3	1600	43
			71		707

au III.	IDA.	IDR.	IVA.	IVR.
1 à 61	60	1	600	13
1 à 27	110	8	1400	102
1 à 27	110		1750	
1 à 19	180	19	2630	278
1 à 19	180		2800	
1 à 26	130	5	2150	83
1 à 36	130	4	2800	78
		37		554

Suite	au II.	IDA.	IDR.	IVA.	IVR.
7	1 à 130	40		550	4
6	1 à 58	70	2	800	36
5	1 à 58	70		1300	
4	1 à 36	110	6	1750	111
3	1 à 36	110		2250	
2	1 à 30	170	11	2800	240
1	1 à 30	170		4400	
			20		391

au I.	IDA.	IDR.	IVA.	IVR.
1 à 600			400	
1 à 400			550	4
1 à 400			1000	
1 à 80	60	1	1300	39
1 à 80	60		1800	
1 à 60	110	4	2250	127
1 à 60	110		5400	
		5		170

SUITE DES CALCULS.

Suite au M	IDA IDR	IVA IVR			Sommes des IRD.	525
7					L'Etambot a deux parties & demie de large sur 90 de haut; la résistance est	225
6					Résistance avant	612
5					Résistances totales	1162
4	1 à 280	les résistances relatives sont insensibles.	1000	9		
3	1 à 280		1600			
2	1 à 150		1800	47		
1	1 à 150		5800			
				61		

La résistance ainsi exprimée en parties égales devroit être doublée parce qu'on ne calcule qu'une moitié du Navire, mais d'un autre côté (par le n°. 46), la résistance est double, parce qu'on calcule l'avant & l'arriere. Pour réduire la résistance en pieds quarrés, on fera attention que 90 parties, répondent à 186 pouces de largeur, & que 80 parties en hauteur, font 151 pouces :] ainsi on fera cette analogie 90 × 80 : 186 × 151 :: 1162 : nombre de pouces quarrés qu'il faut diviser par 144 pour avoir le plan résistant en pieds, ou de la somme des logarithmes de 186 : 151, & 1162, on retranche ceux de 90, 80 & 144, le reste est le logarithme de 31 pieds 4 pouces.

Nota. J'aurois dû prendre la moitié des impulsions directes de la suite n° 1, mais la résistance doit être plus forte que la calculée, quand ce ne feroit qu'à cause des inégalités de la carene.

HAUTEUR DU POINT VÉLIQUE.

On commence par prendre le moment des impulſions verticales, dans le ſens de la longueur. On ſuppoſe leur centre au milieu de l'intervalle des couples, ce qui eſt ſuffiſamment exact, hors pour les extrêmités.

M	AR	$71 \times \frac{1}{2}$	30
1	AV & AR	$214 \times \frac{3}{2}$	321
2	AV & AR	$644 \times \frac{5}{2}$	1610
3	AV & AR	$1111 \times \frac{7}{2}$	3885
4	AV & AR	$1908 \times \frac{9}{2}$	8588
5	AR	$1061 \quad \frac{11}{2}$	5830
5	AV	$964 \times 5\frac{1}{3}$	5141
6	AR	$570 \times 6\frac{1}{3}$	3610
	Momens		29018

Il faut ajouter l'impulſion du *Taillemer* qui ayant $1\frac{1}{2}$ partie de large & 350 de long; à une ſurface de 525; la réſiſtance eſt la moitié ou $262 \times 5\frac{1}{2}$:

momens	1440
Momens ci-contre,	29818
Total,	30458

Il faut maintenant faire attention que la valeur des parties égales, quand la diſtance des lignes d'eau = 20, celle des parties dont 200 ſont la diſtance des couples :: 200 : 54 : ainſi ces 30458 ſe réduiſent à 8223 qu'il faut diviſer par 1162, ſomme des impulſions directes, le quotient eſt $7 + \frac{89}{1162}$ diſtances de couples ou 60 pieds 2 pouces.

Il faut y ajouter la hauteur du centre de l'impulſion directe: pour cela on ajoute celles de la 7[e] & 6[e] ſuite, qu'on multiplie par $3\frac{1}{2}$; celles de la 5[e] & 4[e], par $2\frac{1}{2}$; celles de la 3[e] & 2[e] par $1\frac{1}{2}$; celles de la 1[re], par $\frac{1}{2}$; celles de l'étrave & de l'étambot par 2 : ces moments ſont 3092, qui diviſés par 1162 font $2\frac{2}{3}$: diſtances de lignes d'eau, ou 8 pieds 5 pouces, ainſi le point vélique eſt 68 pieds $\frac{1}{2}$ au deſſus de la quille, ou 56 au deſſus de la flottaiſon.

Augmentation des réſiſtances dans les routes obliques.

La formule qui l'exprime eſt $2\,m^2\,A\left(\frac{x^2+y^2}{x^2+y^2+z^2}\ \frac{-2Y^2}{x^2+Y^2}\right)$ ou ſi l'on veut $2\,m^2\,A\left(\frac{c^2}{c^2+p^2}-2IDR\right)$ A ſe prend, page 196 & ſuivantes; c'eſt la colonne ID A, ou le triangle de projection ſur le maitre couple; c eſt la diſtance des lignes d'eau, p la perpendiculaire, ſur le côté du Vaiſſeau ou CD, (*fig. 21*) : on donnera la forme ſuivante au calcul.

V^e	A	c^2, c^2+p^2	$\frac{Ac^2}{c^2+p^2}$	$-$ 2 I D R	augmentation de réſiſtance,
7	455	10 à 15	303	300	+ 3
6	295	10 à 11	266	148	118

Pour prévenir les difficultés qui pourroient arrêter ceux qui veulent calculer les Vaiſſeaux, ſans en avoir la théorie très-préſente à l'eſprit, on obſervera 1° que ſi 2 I D R eſt plus grand que $\frac{Ac^2}{c^2+p^2}$ on aura le ſigne — & ce ſera une diminution de réſiſtance.

2° La perpendiculaire p ſe prend ſur le plan des lignes d'eau, dont chaque trapéſe ſe partage en deux triangles. Dans cet exemple, on abaiſſe la perpendiculaire du point ou la 3e ligne d'eau, coupe le 5e couple, pour la ſuite, n° 7, & pour la 6e, on la baiſſe de l'*étrave* ſur la 4e ligne d'eau, elle eſt la plus petite diſtance à la courbe.

Pour la partie vers le milieu du Navire, la réſiſtance (n°s 54 & 46) eſt $2\,mn\,A\,xy\,\frac{c^2}{c^2+p^2}$ mais ſi la dérive eſt petite n & $x=r$ & m, y & p ſont auſſi ſenſiblement égaux, ainſi la quantité devient $2\,A\,m^2\left(\frac{c^2}{c^2+y^2}\right)$.

Ces calculs s'appliquent à la réſiſtance latérale, la ſeule différence eſt qu'on retranche une ſeule fois la réſiſtance relative; & qu'au lieu de multiplier la quantité pour $2\,m^2$, on la multiplie par $2\,mn$.

RÉSISTANCES

RÉSISTANCES LATÉRALES ET OBLIQUES.

AVANT.

V.

Suite	A	$\frac{c^2}{c^2+p^2}$			AC	RL	RO.
7	455	10	à	15	=303	153	3
6	295	10	à	11	268	196	120
5	295	10	à	16	186	127	68
4	125	20	à	23	109	88	67
3	125	3	à	4	94	12	70
2	40	10	à	12	33	32	31
1	25						
						608	359

IV.

A.	$\frac{c^2}{c^2+p^2}$			AC.	RL.	RO.
260	100	à	144	180	141	111
290	100	à	166	181	137	93
290	100	à	204	142	108	73
255	100	à	172	148	137	106
255	100	à	270	93	83	73
120	100	à	148	81	76	71
120	2	à	3	80	78	76
					760	603

III.

7	110	100	à	122	90	85	80
6	150	100	à	145	181	173	165
5	150	100	à	170	142	134	126
4	200	100	à	204	148	137	125
3	200	1	à	3	93	81	70
2	190	10	à	18	81	74	67
1	190	10	à	38	80	74	68
						758	701

II.

30	10	à	11	45	45	44
30	5	à	6	58	57	56
70	5	à	7	50	49	43
130	100	à	165	88	86	84
130	100	à	122	106	104	102
190	10	à	28	68	65	63
190	10	à	34	26	26	25
					432	402

IIe Cas.

	A				RL. & RO.
7, 6, 5	40	25	à	26	39
4	45	5	à	7	
3	45	5	à	7	
2	105	10	à	28	
1	105	10	à	28	
				178	

	RO	RL.
Sommes AV.	2065	2558
page suiv. AR.	1614	1883
Double des résistances AV & AR. du 2e cas.	1076	
TOTAL	4755	4443

ARRIERE.

VI.

Suite	A.	$\frac{c^2}{c^2+p^2}$	AC	RL	RO
7	411	10 à 21	195	114	33
6	120	106 à 101	119	113	107
5	120	10 à 17	70	69	64
				294	204

V.

A	$\frac{c^2}{c^2+p^2}$	AC	RL	RO
245	10 à 28	87	65	43
290	10 à 31	93	61	39
270	10 à 24	121	89	57
125	8 à 9	111	103	95
125	10 à 13	96	90	84
40	40 à 41	39	39	39
			447	357

IV.

7	110	2 à 3	73	68	65
6	220	2 à 5	88	74	60
5	220	4 à 11	80	59	38
4	210	10 à 27	78	66	54
3	210	10 à 22	95	82	69
2	110	10 à 13	85	81	77
1	110	10 à 18	61	58	55
				488	418

III.

60	10 à 12	51	49	48
110	10 à 15	73	69	65
110	10 à 18	62	58	54
180	10 à 26	69	60	51
180	10 à 32	56	46	36
130	10 à 22	59	54	49
130	10 à 32	40	36	32
			372	335

II.

7	40	10 à 10	36	36	36
6	70	10 à 12	58	56	54
5	70	2 à 3	47	46	45
4	110	3 à 9	61	58	55
3	110	10 à 27	41	38	35
2	170	10 à 32	53	48	45
1	170	1 à 7	18	18	15
				300	282

IIe Cas.

A		RL	RO.
60	25 à 26 à	58	58
90	9 à 10	81	81
90	9 à 10	81	81
130	1 à 2	70	70
140	1 à 2	70	70
			360

EXPOSÉ du Calcul des Réſiſtances obliques & latérales.

Les réſiſtances latérales RL ſe trouvent, en retranchant de la colonne AC qui eſt la réſiſtance abſolue & corrigée pour l'inclinaiſon verticale, l'impulſion relative directe déſignée par IDR, page 196 & ſuivantes, pour avoir les réſiſtances obliques RO, on en retranche le double.

Le défaut de place a engagé à ſupprimer la colonne IDR, ainſi qu'à faire répondre les ſuites des triangles à deux couples différentes, mais les Calculateurs feront bien de mettre cette colonne après la colonne AC pour avoir toute la ſuite du travail; on s'eſt determiné d'autant plus volontiers à la ſupprimer dans ce modele de calculs qu'il n'y a aucune difficulté pour le Calculateur qui ſe contentera de copier cette colonne IDR.

On ſuppoſe une foible dérive, que *m* eſt, par exemple $\frac{1}{10}$, ou la dérive de 5[d] $\frac{3}{4}$, ce qui diſpenſe de diminuer les réſiſtances de l'étrave & de l'étambot dans le rapport du quarré du ſinus de l'obliquité à celui du rayon.

On a trouvé que la réſiſtance oblique eſt augmentée de 4755 qu'il faut multiplier par m^2 ou diviſer par 100.

On a donc pour l'augmentation de réſiſtance 47 $\frac{1}{2}$ parties qui = 1 p[d] $\frac{1}{4}$, ce qu'on trouve par l'analogie (indiquée p. 198) 90 demi-largeur × 20 diſtance des lignes d'eau, en parties égales : 186 demi-largeur × 38 diſtances des lignes d'eau en pouces :: 47 $\frac{1}{2}$: 186 pouces quarrés ou 1 pied $\frac{1}{4}$, ainſi la réſiſtance augmente dans cet exemple $\frac{1}{25}$.

Nota. On multiplie par m^2 & non par $2\,m^2$, parce que calculant l'avant & l'arriere, il faudroit enſuite prendre la moitié du produit.

Quoique ce ne ſoit pas exactement le 2[e] couple de l'avant & de l'arriere qui ſépare le point où commence la 2[e] formule, on a pu le ſuppoſer, ſans erreur ſenſible, parce qu'à ce point précis, les deux formules ſont les mêmes (n° 52) ainſi il y a peu de différence, l'erreur eſt foible, & l'on peut la négliger, d'autant plus que la quantité totale eſt foible.

Pour avoir la résistance latérale des parties entre le 2 AV & AR, qui forment le 2e cas, on cherche la diminution de résistance sur le maître couple, produite par l'inclinaison verticale, lorsqu'il va latéralement; pour cela on porte chaque distance de ligne d'eau de 10 à 10 sur la ligne des plans le nombre sur lequel tombe la corde de la portion de courbe du maître gabarit, sera la résistance absolue, on verra ici que la résistance diminue à peu-près comme 2 : 1. La distance des couples est 49 parties, & celle des lignes d'eau 20, ainsi l'espace latéral compris entre deux couples & deux lignes d'eau est 3920 : il y a 4 distances de lignes d'eau & de couples, il faut donc multiplier cette quantité par 16, c'est la surface totale dont on prendra la moitié à cause de la diminution de résistance, on a 31360

Quille 600 parties sur 8 $\frac{1}{2}$ de hauteur	5100
Massifs.	4000
Total	40460

On doit diviser par 100 ou multiplier par m^2 cette partie ainsi on a 404 parties de résistance; celle du 1er cas 4441 doit être doublée, car l'expression générale, quand on calcule l'avant & l'arriere est $2\,mn$; ainsi on a 8882 & n étant à peu-près $= r$ multipliant 8882 par $m = \frac{1}{10}$ on a 888 qui ajoutés à 404 font 1292, résistance latérale.

Ceci mérite la plus grande attention, l'impulsion latérale du vent est à la directe au moins : : 8 : 3 quand on considere voiles, coque & agrêts, & la résistance latérale à proportion de la directe devroit donc être 3200, ce qui donneroit pour moindre dérive celle d'un quart. La cause de cet excédent de résistance qui diminue la dérive est la hauteur du centre des voiles, par rapport à celui des résistances latérales. En effet, (nos 71 & 73) la marche avantageuse demande le concours du centre des voiles & des impulsions. Si cette condition n'est pas remplie, la marche sera moins prompte, soit qu'il s'agisse de la marche directe ou de la marche latérale qui est la dérive.

Poſition du Point Vélique dans le ſens de la longueur, le maître couple ſert de point d'appui, on a les impulſions latérales.

	I L:	Momens.			
Au 5 AV.	608 × $5\frac{1}{2}$	3344	6 AR.	294 × $6\frac{1}{2}$	1911
4	760 × $4\frac{1}{2}$	3480	5	447 × $5\frac{1}{2}$	2458
3	758 × $3\frac{1}{2}$	2753	4	488 × $4\frac{1}{2}$	2196
2	432 × $2\frac{1}{2}$	1080	3	377 × $3\frac{1}{2}$	1302
			2	300 × $2\frac{1}{2}$	750
Momens AV.		10657			8617
AR.		8617			
Différence.		2040			

Pour réduire cette différence à des quantités abſolues, il faut la multiplier par $2\,m\,n = 2\,m$ ou diviſer par 5 la dérive étant $\frac{1}{10}$, ainſi on a $\frac{2040}{5}$ ou 408.

Les réſiſtances latérales du 2e cas ſont AV 178 & AR 360: la différence 180 étant × $2\,m^2$ ou $\frac{1}{5} = 36$ multipliée par 1 diſtance moyenne au M^e^, & retranchée de 408, parce que la plus forte réſiſtance de ce 2e cas étant en arriere, eſt oppoſée à la plus forte du 1er cas, on a 372 pour la ſomme des momens exprimée en diſtance de couples, & comme cette diſtance eſt 8 pieds 6 pouces, on multiplie 372; par 8, 6, & on diviſe le produit 3136 par 1292 ſomme des réſiſtances latérales, ainſi le point vélique eſt à 2 p^ds^ $\frac{1}{2}$ en avant du maître couple.

On a négligé dans tous ces calculs, la différence du tirant d'eau, elle eſt 3 pieds en arriere; le moment eſt environ 150 pieds réunis à 25 pieds, en arriere du maître couple: le produit eſt 3600 qu'il faut diviſer par 100, ou multiplier par m^2; le quotient 36 étant $\frac{1}{14}$^e^ des momens ci-deſſus, ne change pas ſenſiblement le lieu du point vélique.

Si on fuivoit la théorie ordinaire ; on ne calculeroit que l'avant ; alors on diviferoit 10657 fomme des momens par 2553 ; & l'on auroit pour quotient 4, diftances ou environ 35 pieds en avant du maître couple ; ainfi le centre des voiles devroit être fort peu en arriere du mât de mifaine, ce qui étant abfurde, cette théorie eft inadmiffible ; & il faut en revenir à calculer l'avant & l'arriere.

Quoiqu'il foit affez inutile de calculer le moment de la plus grande impulfion directe fous le vent, lequel eft à arriver, parce que fi d'un côté l'impulfion eft plus forte, d'un autre côté, le foutien eft plus confidérable, & qu'ainfi il n'en réfulte qu'une différence infenfible pour le lieu du point vélique, il eft utile de montrer à le calculer.

On fera d'abord attention qu'il s'agit de trouver la différence d'action fur les deux côtés de la proue : la différence d'action eft en général 4 A *nmxy*, & à caufe qu'il s'agit de furfaces inclinées, on a $4\,m\,n\,A\,xy, \left(\frac{c^2}{c^2+p^2}\right)$ ou la moitié de cette quantité, quand on calcule l'avant & l'arriere : ainfi on prend page 201 & fuiv. la colonne A C, & on la multiplie par $\frac{xy}{rr}$ ou par $\frac{p}{r}$, pour avoir *p* on porte *y* excédent des largeurs d'un couple à l'autre du plan vertical fur la ligne des largeurs dans le plan des lignes d'eau, & en dedans, ainfi les 7 & 6e fuites de triangles fe portent à compter de la 4e ligne d'eau ; les 5e & 4e fe portent de la 3e ; les 3e & 2e fe portent depuis la 2e ; la premiere fe prend depuis la 1re ligne d'eau : de ce point, ou tombe l'autre extrêmité de *y*, on prend la plus foible diftance à la ligne d'eau, ce qui donne *p*. *r*, où la corde de la partie de ligne d'eau fe porte fur la ligne des parties egales de 100 à 100, le nombre fur lequel tombe *p* donne le rapport de *p* à *r*. Le calcul fe fait ainfi : *r* eft toujours 100 ; la valeur de *p* eft en 100e. de parties.

AVANT.

AC × $\frac{p}{100}$			AC × $\frac{p}{100}$			AC × $\frac{p}{100}$			AC × $\frac{p}{100}$		
303	58	167	180	45	81	90	22	20	48	10	4
266	38	89	181	40	72	111	30	33	58	15	8
184	45	83	142	48	66	88	30	27	40	17	9
108	20	22	147	48	69	98	36	35	88	23	26
93	40	37	194	48	45	67	38	25	106	25	26
32	12	4	81	18	14	105	35	37	68	33	33
			81	22	18	30	33	17	26	32	9
		402			365			194			109

Pour avoir les moments, on peut calculer en même temps les deux triangles qui ont la même baſe le point d'appui eſt au milieu : la premiere colonne eſt la 3ᵉ ci-deſſus, la 2ᵉ eſt la diſtance au milieu, la 3ᵉ eſt le moment.

V.			IV.			III.			II.		
157	27	4504	81	60	4860	20	80	1600	4	85	240
172	10	1720	138	46	6248	60	70	4200	28	80	2240
5	1	5	54	26	1534	60	51	3060	39	62	3953
60	5	305	32	10	320	54	24	1196	9	40	360
		6539			12962			10056			6893

La partie vers le milieu étant inſenſible parce qu'elle eſt $=\int 2m^2 A$ ou $3\frac{1}{2}$, & que le moment n'eſt que de 250, on peut le négliger, ainſi la ſomme des momens 36450 doit être multipliée par $4m$ ou $\frac{4}{10}$, on a 14580, qu'on doit diviſer 1292 total des impulſions latérales : le quotient eſt 12 parties ou 2 pieds, dont le point vélique ſe rapprocheroit du milieu, & cette quantité étant très-foible, n'empêche pas que dans l'hypotheſe où on calculeroit l'avant ſeul : la poſition du point vélique ne ſoit également défectueuſe.

Selon ma théorie, on calculeroit l'avant & l'arriere, &

on trouveroit que l'effet de la plus grande impulsion directe sous le vent, est détruit par la moindre action de l'eau sur l'arriere.

C'est encore une regle générale de Construction : *Si les couples de l'avant & de l'arriere étoient semblables, mais espacés différemment, ensorte que la proue fût plus courte que la poupe, l'impulsion directe, lorsque la route est oblique, feroit venir au vent ;* mais la plus grande inclinaison verticale de l'arriere empêche cet effet.

F I N.

EXTRAITS des Regiſtres de l'Académie Royale de Marine des 28 Septembre & 16 Novembre 1775.

MESSIEURS le Vicomte de Morogues, Lieutenant-Général des Armées Navales, & le Chevalier de Borda, Lieutenant de Vaiſſeau, qui avoient été nommés pour examiner un Traité de Conſtruction, par M. le Comte du Maitz de Goimpy, Capitaine de Vaiſſeau, en ayant fait leur rapport; l'Académie a jugé cet Ouvrage digne de l'impreſſion, qu'elle a approuvé être faite ſous ſon Privilege; en foi de quoi, j'ai ſigné le préſent Certificat. A Breſt, le 27 Mars 1776.

DE MARGUERY, Secrétaire de l'Académie Royale de Marine.

ERRATA.

Le Lecteur eſt prié de corriger les fautes marquées dans cet Errata: on a négligé de marquer celles qu'il eſt très-facile de ſuppléer.

PAGE 4, ligne antépénultieme, *ôtez* OP

5, ligne 3, & O, *liſez* o. Ligne 25, + 3. 4, *liſez* × 3. 4.

Idem, ligne antépénultieme, fig. Q, *liſez* fig. 2.

7, ligne 6 du N° 8, *ajoutez*: on trouve (Dictionnaire de la Marine d'Auban, art. Doublage) qu'anciennement quelques Navires étoient doublés de cuivre: cette méthode a été renouvellée par les Anglois, il y a une quinzaine d'années; pluſieurs de leurs Frégates ont été ainſi doublées.

9, ligne 11, dans intervalles, *liſez* dans les intervalles.

10, ligne 3, pouvoit-on, *liſez* pourroit-on.

11, ligne antépénultieme, qui rend la méthode générale & préférable, *liſez* qui fait que la méthode générale eſt préférable.

12, ligne 15, AD, *liſez* AO. Ligne 21, par la force de l'expérience, *liſez* par l'expétience.

15, lig. 3, leur, *liſez* le. Ligne 10 NCO, *liſez* NCD.

Idem lig. 10, après les triangles, *ajoutez* BCD, BCA ſont égaux, puiſque les triangles.

16, lig. 5, dont on prend le point d'appui, *liſez* qui ſert de point d'appui.

17, ligne 6, à n° 15, *liſez* à celle du n°. 15 Lig. 14, qu'un condition, *liſez* qu'une condiiion.

20, ligne 3, de l'action de la réaction, *liſez* de l'action & de la réaction.

Ligne 26, de la $\frac{1}{2}$, *liſez* de $\frac{1}{2}$.

Ligne 28, $\frac{2}{3}$ BE^2, *liſez* $\frac{1}{2}$ BE.

22, ligne 17, puiſqu'on ſon, *liſez* puiſque ſon.

24, ligne 11, 20, *liſez po*. Ligne 28, $\frac{1}{3}$ *oi*, *liſez* $\frac{2}{3}$ *pi*.

25, ligne 9, où ils ont été, *liſez* où ils l'ont été.

26, ligne 29, × 3 $\frac{2}{3}$, *liſez* × 5 $\frac{1}{3}$.

27, ligne 12, 1610, & ſeroit diminuée d'un dixieme, *liſez* 1110, & ſeroit diminuée d'un tiers.

Page 39, ligne 23, *ou a la longueur*, lisez *on a la longueur.*

44, ligne 24, amplitiude, *lisez* amplitude. Ligne 31, $39^{d}\frac{1}{2}$, *lisez* 40^{d}.

47, ligne 21, $GA^{2}+RC$, *lisez* $GA^{2}+RC^{2}$. Même ligne $P(GA+BC)$ *lisez* $P(GA^{2}+BC^{2})$.

50, ligne antépénultieme, M. l'Abbé le Bossut & Euler qui ont remporté le prix, ainsi que ceux de MM. Bouguer & Euler, *corrigez ainsi*: les Mémoires de MM. l'Abbé le Bossut & Albert Euler, dans le Recueil des Pieces composées à l'occasion des prix proposés par l'Académie Royale des Sciences, ainsi que le Traité du Navire, composé par M. Bouguer, & celui qui est intitulé : *Scientia Navalis.*

52, Table des Vagues, 3ᵉ colonne, o 22, *lisez* o 12.

55, lig. 12 $(y-a^{2},)$ *lisez* $(y-a)^{2}$. Même ligne $(r-y^{2},)$ *lisez* $(r-y)^{2}$.

57, (fig. 22), *dans la figure, il faut mettre* P au lieu de O.

61, 9ᵉ ligne du nº 48, IK, *lisez* CP.

67, nº 49 ligne 3, qui prouve, *lisez* qu'éprouve.
nº 49, ligne 8, E*m*, *lisez* EM.

63, ligne 18, par P, *lisez* par B.

63, nº 31, *mettez en marge*, (fig. 25 bis).

Nota. On marquera par C dans cette figure, l'intersection de la ligne AB, & de la perpendiculaire tirée du point P

64, ligne 6 PA. AO, *lisez* PA. AO².
Ligne 17, $2(m^{2}y+n^{2}-m^{2})$ lisez $2m^{2}y+2(n^{2}-m^{2})$.
Ligne 26, $2m^{2}dy+($ &c. *lisez* $2m^{2}dy+2($ &c.
Ligne 27, $2m^{2}y+($ &c. *lisez* $2m^{2}y+2($ &c.
Ligne 31, $2m^{2}y+($ &c. lisez $2m^{2}y+2,($ &c.

Nota. Ces fautes n'étant que des fautes de copies, les résultats n'en sont pas affectés.

77, ligne pénultieme $\frac{2X^{2}}{3}+\frac{4}{3}-\frac{28}{27X^{2}}$ *lisez* $\frac{2X^{2}}{3}+\frac{4}{3}+\frac{28}{27X^{2}}$.

78, ligne 2, abaisse, *lisez* abcisse.

79, ligne 4, (fig.   ) *corrigez* fig. 29.

80, ligne 21, &c. A, *lisez* &c. — A.

82, ligne 18, $\frac{357\frac{1}{2}}{260}$ *lisez* $\frac{357\frac{1}{2}}{240}$.

82, Nº 65, ligne 2, celui de 41, *lisez* de 4 à 1.

83, ligne 17, on ne doit pas, *lisez* on doit.

Idem, après le 1ᵉʳ article, *ajoutez la note suivante* : cette remarque est trop générale, *voyez* les pages 207 & 208.

88, Nº 71, 3ᵉ ligne, l'avant & l'arriere s'abaissent, *lisez* l'avant s'éleve & l'arriere s'abaisse.

89, ligne 5, $\frac{38+25}{2}$ soit réuni à 5 pieds, *lisez* $\frac{30+20}{2}$ soit réuni à 6 pieds.
derniere ligne, *ajoutez* & du défaut de soutien de l'étambot.

93, comme MO : CM, *lisez* comme MN : CM.

94, $\frac{\text{Sin O. cos I}}{\surd}$ *lisez* $\frac{\text{Sin O. cos I}}{r}$.

97, ligne 28, à la regle au compas, *lisez* à la regle & au compas.

109, ligne 2, qu'on supposera, *lisez* 'on supposera.

112, ligne 11, après vitesse du rameur, *mettez* 1.
Nº 91, ligne 2, est toujours, *lisez* étoit toujours.

117, Il n'y a donc pas de rapport bien déterminé, *lisez* il vaut donc mieux excéder le rapport déterminé, que rendre la rame plus courte.

Page 117, 26e ligne, 27, 440, 440, 000, *lisez* 27, 440, 000. Même ligne, $\frac{1}{10\ 16}$ *lisez* $\frac{1}{10.\ 16}$

124, ligne 34, *tels qui sont, & tels qu'il*, lisez *tels qu'ils sont, & tels qu'ils.*
127, ligne 24, produit, *lisez* y produit.
136, N° 108, *ôtez* maintenant. *Nota.* L'addition des réflexions sur les triremes, rend la transition défectueuse.
149, ligne 10, devroit une parabole, *lisez* devroit être une parabole.
150, ligne 23, 130 liv. 25, *lisez* 130 liv. × 25.
ligne, 32, 130 livres, 16 *lisez* 130 livres × 16.
ligne 33, *ôtez* le mot poids.
151, ligne 12, c'est donc près de 700 pieds cubes de bois du côté de l'économie, *lisez* c'est donc une épargne de 700 pieds cubes de bois.
167, ligne 29, le proportion, *lisez* ce propos.
168, ligne 10. $3\frac{4}{5}$ à 1 ou de 23 à 5 *lisez* $3\frac{1}{4}$ ou $3\frac{4}{5}$ à 1 ou 19 à 5,
ligne 19, & 163, *lisez* & 165.
170, derniere ligne, équipages des Vaisseaux de 54 canons, 330 h.
175, 8 lignes avant la derniere réduite, *lisez* se réduit.
176, 11 lignes avant la derniere, s'il faut à manœuvrer, *lisez* s'il faut manœuvrer.
179, ligne 18 & 23, $\frac{1}{8}$ *lisez* $\frac{11}{14}$, le résultat $1\frac{7}{8}$ devient $2\frac{?}{24}$
192, Largeur du 1, AV. 11 4 lisez 15 4.
199, 2e colonne, Moments 29818, *lisez* 29018.
200 avant derniere ligne pour $2m^2$ *lisez* par $2m^2$.
205, ligne 15, par en bas, $2m^2$ *lisez* $2mn$.

Quoiqu'une erreur dans le calcul du 3 AV, page 201, & réparée par un carton, en ait nécessité d'autres dans le reste de la feuille, il suffit de montrer comment on doit faire dans ces sortes de cas, pour éviter une peine superflue.

1° Page 203, lig. 17, 4755, *lisez* 4555, la différence de résistance est 200, & puisque 23e ligne, 4755 parties n'ont donné que 1 pd $\frac{1}{4}$, 200 ne donneront qu'une résistance insensible, & $\frac{1}{24}$ de celle qu'on avoit trouvée.

2° Page 204 lig. 15 par en bas, 4441 *lisez* 4238, la différence de résistance latérale — 203, étant multipliée par $2m$ ou $\frac{1}{5}$, = $40\frac{1}{2}$ qu'il faut ôter de 1292, on a 1252.

3° Page 205 au 2 AV, on devroit avoir non pas 758, mais 553, la différence — 205 × $3\frac{1}{2}$ est — 718 qu'on doit multiplier par $2mn = 2m$, ou diviser par 5, on a 144 pour la différence absolue des momens qu'il faut multiplier par 8 pds 6 pces, distance des couples; le produit 1225, étant divisé par 1252, donne 1 pd dont le point vélique doit se rapprocher du point d'appui, puisque les momens sont moindres.

Les diverses questions traitées dans cet Ouvrage, n'ayant pas donné lieu de parler de l'ouverture des sabords; nous observerons ici que ceux des Navires Anglois, ont plus de largeur que les nôtres. On donne pour les canons de 42, quoique de fonte, 3 pds 5 pces, mesure Angloise, ou 3 pds 3 pces de France.

...g. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 7.

Fig. 8.

Fig. 10.

Fig. 11.

Fig. 12.

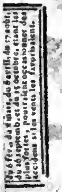
Fig. 14.

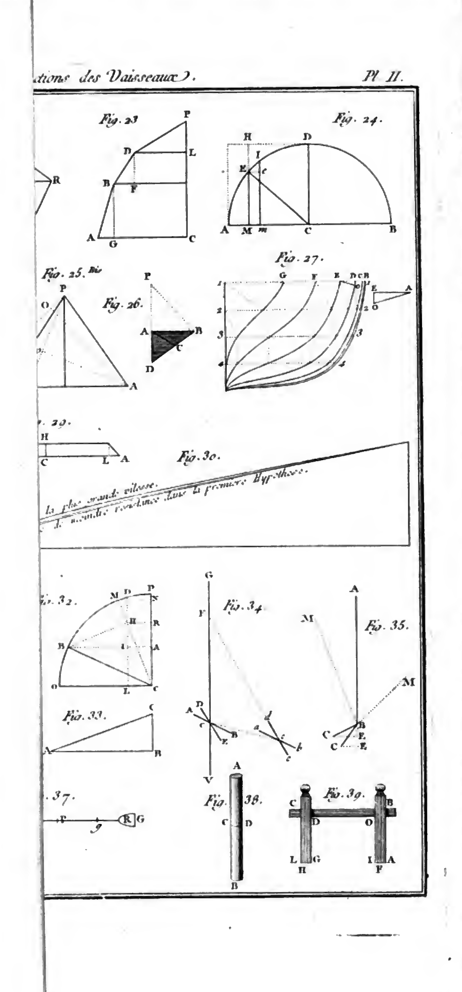
Fig. 16.

Fig. 15.

Fig. 19.

Fig. 20.





...tions des Vaisseaux.
Pl. II.
Fig. 23
Fig. 24.
Fig. 25. Bis
Fig. 26.
Fig. 27.
Fig. 30.
la plus grande vitesse.
de moindre résistance dans la premiere Hypothese.
Fig. 34
Fig. 35.
Fig. 33.
Fig. 38.
Fig. 39.

PUISSANCES DE L'EUROPE.

FRANCE.

Branche d'Orléans.

LOUIS PHILIPPE Ier, né à Paris 6 oct. 1773, succède le 31 juillet 1830 à Charles X, déchu du trône de France, le 30, comme lieutenant-général du royaume; élu roi des Français, le 9 août de la même année; marié 25 novembre 1809, à

MARIE AMÉLIE, des Deux Siciles, née 26 avril 1782, reine des Français. De ce mariage:

FERDINAND-PHILIPPE-LOUIS D'ORLÉANS, duc d'Orléans, pr. royal, maréchal de camp, né à Palerme 3 septembre 1810.

LOUIS-CHARLES-PHILIPPE D'ORLÉANS, duc de Nemours, né à Paris, 25 octobre 1814, maréchal de camp.

FRANÇOIS FERDINAND D'ORLÉANS, prince de Joinville, lieutenant de vaisseau, né à Neuilly, le 14 octobre 1818

HENRI-EUGÈNE-PHILIPPE-LOUIS D'ORLÉANS, duc d'Aumale, né à Pa-

OBSERVATIONS SUR LES PAYS DE CONGO ET DE LOANGO.

Les habitans de cette partie de l'Afrique regardent le soleil comme le principal moteur des effets de la nature, sans l'influence duquel l'obscurité et la désolation couvriraient la surface de la terre. Les idoles de toute espèce sont appelées *fétiches*. Il y en a une infinité, de toutes sortes de formes et de matières. Les plus communs sont le lait, les œufs et les oiseaux. Parmi ces derniers, les perdrix sont regardées comme tellement sacrées, que, lorsque le pied d'un de ces oiseaux morts a touché un mets, personne ne voudra goûter de ce dernier, dût-on mourir de faim. Leurs fétiches portatifs consistent en imitations grossières de la forme humaine ou de celles d'animaux, avec un morceau de miroir fixé dans la poitrine; en dents d'un jeune éléphant, remplies d'une pâte noire, dans laquelle sont placées des coquilles; en dents et serres de tigres; en petites cornes de chèvres et autres animaux; en coquilles de mer remplies de pâte noire; en petits sacs d'ingrédiens précieux, et en petits flacons contenant de la poudre à canon consacrée. Personne ne boit un coup sans faire une oblation au principal fétiche, qui est ordinairement une dent d'éléphant. Ils

les matins sur les hauts arbres qui bordent le Congo, dans le voisinage de Maccatala, à l'effet de boire. Il est plaisant alors de voir avec quelle célérité ils font leur retraite, en faisant résonner les bois de leurs caquets. C'est ordinairement sur les plus hauts arbres qu'ils construisent leurs nids, qui ressemblent à ceux des pies, mais qui sont beaucoup plus grands, et faits d'herbe sèche. L'entrée de ces nids est un grand trou; la partie supérieure est couverte d'herbe à une hauteur considérable, pour le garantir de la pluie.

L'espèce la plus curieuse des singes est le *poongo*. Lorsqu'il se tient debout, il a six pieds, et l'on dit qu'il a la force de dix hommes. Dans ce cas, s'il était également féroce, il pourrait régner en souverain dans les bois. Au fait, il est, d'après le dire des habitans, le premier des animaux de la forêt. Il chasse l'éléphant devant lui avec ses griffes, et souvent saisit les femmes, lorsqu'il les rencontre à quelque distance de leur habitation. Le *chimpanzee* est connu en Europe sous le nom d'orang outang ou d'homme des bois. Il diffère beaucoup du poongo en grandeur, en force et en sagacité. Il est plus gentil et se laisse facilement prendre et apprivoiser. Un témoin oculaire nous a assuré qu'il couchait en plein air sur le pont du vaisseau; que souvent il enveloppait sa tête d'un mou-

ARCHEVÊQUES ET ÉVÊQUES

Villes Episcopales.	Noms des Archev. et Evêq.	Nés l'an	Sacr. l'an.
PARIS....	DE QUELEN...	1778	1817
Chartres..	Cl. de Montals..	1769	1834
Meaux......	Gallard......	1785	1831
Orléans......	Brumauld......	1749	1823
Blois........	De Sauzin......	1756	1823
Versailles..	Blanq. de Baileul	1763	1833
Arras......	Latour d'Auvergne	1768	1802
Cambray...	Belmas......	1757	1802
LYON..	DE PINS, adm.	1766	1823
Autun......	d'Héricourt....	1797	1829
Langres......	Sablier Parisis.	1764	1835
Dijon......	Rey......	1773	1832
St-Claude...	De Chamon....	1767	1823
Grenoble....	Philib.-Bruyarre	1761	1826
ROUEN.	DE CROY....	1771	1820
Bayeux....	Robin........		1836
Evreux	Duchatellier..	1761	1832
Séez	Jolly........		1836
Coutances..	Robiou		1835
SENS	DE COSNAC ..	1764	1819
Troyes	Seguin de Hons...	1760	1826
Nevers......	Naudo......	1794	1834
Moulins....	De Pons........	1759	1823
REIMS	DE LATIL.....	1761	1816
Soissons	De Simony......	1770	1825
Châlons. ..	De Prilly........	1775	1824
Beauvais....	Lemercier......	1758	1833
Amiens ...	De Chabons.....	1756	1822
TOURS...	DE MONTBLANC	[illegible]	[illegible]

PRÉFECTURE DU DÉPARTEMENT DE LA SEINE,

Place de l'Hôtel-de-ville.

M. le cte DE RAMBUTEAU, pair de France, préfet.

M. L. de Jussieu, secrétaire-général

M. F. Leroy, secrétaire particulier de M. le préfet.

Conseil de Préfecture,

MM. De la Moselle, Pain, Lefon de Ledebst, Meupat, Lucas-Montigny

M. Varcollier, secrétaire du conseil

Sous-Préfets du département de la Seine.

M. Lucien Mechin, à Saint-Denis.

M. E. Maison, à Sceaux.

PRÉFECTURE DE POLICE DU DÉPARTEMENT DE LA SEINE.

Quai des Orfèvres.

M. G. DELESSERT, conseiller d'état, préfet de Police, hôtel de la Préfecture.

M. Malleval, secr.-général.

M. Pinel, secrét. part. de M. le préfet.

M. Nabon Devaux, chef du bureau du cabinet.

NOMS DES MAIRES ET DES CURÉS

Des 12 arrondissemens et des 48 divisions de la Commune de Paris.

Premier arrondissement,

Composé des quartiers des Tuileries, des Champs-Elysées, de la Place-Vendôme et du Roule; Chef-lieu, rue d'Anjou St.-Honoré, n. 9

M. LEFORT, maire, rue Duphot, 19.

Deguerry, curé à la Madeleine.

DIVISION du territoire français en départemens, les chefs-lieux où résident les Préfets, leurs noms, et le nombre d'arrondissemens de chaque département.

Départemens.	Chefs-lieux.	NOMS des Préfets.
Ain......	Bourg......	5 Ivre.
Aisne......	Laon......	7 Renauldon
Allier	Moulins...	4 Gastier.
Alpes (b.)	Digne	5 Mennles.
Alpes (h.)	Gap.......	3 S Mourgues.
Ardèche...	Privas	3 R. Dugage.
Ardennes..	Mezières..	5 Henry.
Arriége...	Foix	3 Mazères.
Aube......	Troyes....	5 C. Syeyes.
Aude.....	Carcassone.	4 Legous.
Aveyron...	Rhodez	5 Marquier.
B.-du-Rhô.	Marseille..	3 de Lacoste.
Calvados...	Caen......	6 Target.
Cantal...	Aurillac...	4 Delamasse.
Charente...	Angoulême	5 Larréguy.
Char.-Infér.	la Rochelle.	6 Ern. de Pelet
Cher......	Bourges...	3 deLappescot
Corrèze...	Tulles....	3 Thomas.
Corse	Ajaccio....	5 Jourdan.
Côte-d'Or.	Dijon	4 Ach. Chaper
C. du Nord.	St.-Brieux.	5 Thieullen.
Creuse....	Guéret....	4 A Deschamp
Dordogne..	Périgueux..	5 Romieu.
Doubs....	Besançon..	4 Tousangin.
Drôme....	Valence....	4 Saladin.
Eure......	Evreux....	5 A. Passy.
Eure et Loir	Chartres..	4 de S.-Aignan
Finistère..	Quimper..	5 Boullée.
Gard.....	Nismes....	4 de Jessaint.

TABLE DES MARÉES DE 1837

Les grandes marées totales suivent d'un jour ou deux les pleines et les nouvelles lunes, relativement aux distances de la lune au soleil, à la terre et à l'équinoxe.

Dates.		Heures de la Syzygie.	Hauteur
Janv.	6	N. L. à 11 h. du soir.	0,75
	21	P. L. à 7 h. du soir.	0,74
Févri.	5	N. L. à 10 h. du mat.	1,03
	20	P. L. à 2 h. du soir.	0,85
Mars.	6	N. L. à 8 h. du soir.	1,09
	22	P. L. à 7 h. du mat.	0,93
Avril.	5	N. L. à 7 h. du mat.	1,04
	20	P. L. à 8 h. du soir.	0,95
Mai.	4	N. L. à 7 h. du soir.	0,89
	20	P. L. à 7 h. du mat.	0,90
Juin.	3	N. L. à 7 h. du mat.	0,75
	18	P. L. à 4 h. du soir.	0,88
Juill.	2	N. L. à 9 h. du soir.	0,70
	17	P. L. à 11 h. du soir.	0,94
Août.	1	N. L. à 0 h. du soir.	0,74
	16	P. L. à 5 h. du mat.	1,05
	31	N. L. à 4 h. du mat.	0,84
Sept.	14	P. L. à 1 h. du soir.	1,13
	29	N. L. à 8 h. du soir.	0,92
Octo.	13	P. L. à 11 h. du soir.	1,07
	29	N. L. à 12 h. du mat.	0,90
Nove.	12	P. L. à 11 h. du mat.	0,91
	28	N. L. à 2 h. du mat.	0,86
Déce.	12	P. L. à 2 h. du mat.	0,77
	27	N. L. à 2 h. du soir.	0,87

On voit, d'après ce tableau, que les marées seront peu considérables. Celles du 6 fév., du 8 mars, du 6 avril, du 17 août, du 16 septemb. et du 15 octobre, étant les plus fortes, pourraient occasionner des accidens si les vents les favorisaient.

NOVEMBRE. ☽ entre au ♐

Le 15 à midi vrai, une montre bien réglée marq. 11 h. 44 m. 47 s. le 30, 11 h. 48 m. 51 s.

Jours	Lever de la L. h.	m.	Couc. de la L. h.	m.	Lev. du S. h.	m.	Cou. du S. h.	m.	Long. du S. d.	m.	Décl. du S. d.	m.
1	10	31 (matin)	6	0 (soir)	6	48	4	19	8	52	14	28 (australe)
2	11	41	6	11	6	49	4	18	9	52	14	17
3	0	33 (soir)	8	1	6	50	4	16	10	51	15	6
4	1	28	9	21	6	51	4	15	11	51	15	25
5	1	59	10	45	6	54	4	14	12	52	15	[illegible]
6	2	33			6	56	4	13	13	51	16	0
7	2	42	0	12 (matin)	6	57	4	10	14	52	16	19
8	2	58	1	31	6	54	4	28	15	53	16	37
9	3	13	2	57	7	0	4	07	16	54	16	54
10	3	32	4	19	7	2	4	35	17	55	17	10
11	3	47	5	41	7	3	4	23	18	55	17	28
12	4	10	7	3	7	5	4	22	19	56	17	41
13	4	40	8	24	7	7	4	21	20	57	18	0
14	5	18	9	40	7	9	4	20	21	57	18	14
15	6	7	10	46	7	10	4	19	22	57	18	31
16	7	8	11	40	7	11	4	14	23	58	18	46
17	8	15	0	19 (soir)	7	13	4	16	24	58	19	1
18	9	11	0	48	7	14	4	15	25	59	[illegible]	16
19	10	32	1	15	7	16	4	14	26	59	19	30
20	11	42	1	29	7	18	4	13	28	0	19	41
21			1	44	7	19	4	12	29	1	19	57
22	0	50 (matin)	1	57	7	21	4	11	0	1	20	10
23	1	58	2	12	7	23	4	10	1	2	20	23
24	3	7	2	23	7	24	4	9	2	3	20	35
25	4	26	2	32	7	25	4	8	3	3	20	47
26	5	36	2	58	7	26	4	7	4	4	20	59
27	6	55	3	23	7	28	4	7	5	5	21	10
28	8	15	3	55	7	29	4	6	6	6	21	20
29	9	30	4	44	7	31	4	5	7	7	21	31
30	10	37	5	48	7	32	4	5	8	8	21	41



